СПРАВОЧНИК

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИБОРЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

В.Г.КОСТРИЦКИЙ
В.Г.КОСТРИЦКИЙ
А.И.КУЗЬМИН



Киев
«Техніка»
1986

В.Г.КОСТРИЦКИЙ
В.Г.КОСТРИЦКИЙ
А.И.КУЗЬМИН

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИБОРЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Киев
«Техніка»
1986

34.9я2
К72
УДК 621.002.56

Кострицкий В. Г. и др.

К72 Контрольно-измерительные инструменты и приборы в машиностроении: Справочник / В. Г. Кострицкий, В. Г. Кострицкий, А. И. Кузьмин.— К.: Техніка, 1986.—135 с., ил.— Библиогр.: с.133.

В пер.: 75 к. 23000 экз.

В справочнике приведены данные о конструкции, технических параметрах и назначении современных контрольно-измерительных приборов, в том числе с цифровым отсчетом и экранной оптикой, их настройке, регулировке и проверке. Большое внимание уделено рациональным приемам и методам технических измерений. Рассчитан на рабочих промышленных предприятий, может быть полезен учащимся ПТУ и слушателям курсов производственно-технического обучения.

К $\frac{2706060000-017}{М202(04)-86}$ 107.86 **34.9я2**

Рецензенты канд. техн. наук *В. И. Войтенко, Л. Л. Пацевич*

Редакция литературы по машиностроению и транспорту

Зав. редакцией *П. Ф. Боброва*

ПРЕДИСЛОВИЕ

На апрельском (1985 г.) Пленуме ЦК КПСС отмечалось, что ускорение научно-технического прогресса и роста эффективности производства неотделимо от решительного улучшения качества продукции. Несоответствие ее современным технико-экономическим, эстетическим — всем потребительским требованиям, а порой и явный брак — это, по сути дела, расхищение материальных ресурсов, растрата труда нашего народа. Поэтому всемерное повышение качества продукции должно быть в центре внимания на каждом предприятии, каждом рабочем месте.

Важная роль в решении этой задачи принадлежит измерительной технике. От точности и достоверности измерений зависит качество выполнения всех технологических операций, обеспечивающих соответствующие геометрические и физико-механические параметры изделий. Поэтому качество выпускаемой продукции зависит как от соблюдения технических условий и технологической дисциплины, так и от состояния измерительной техники, а также от квалификации специалистов-метрологов и рабочих.

Квалифицированный рабочий должен не только знать сложное устройство станка, но и хорошо владеть основами технических измерений, знать устройство и принцип действия наиболее распространенных измерительных инструментов, правильные приемы измерения, уметь выбрать измерительное средство в зависимости от характера контроля, размеров и величины допуска контролируемой поверхности.

Целью настоящего справочника является оказание помощи молодым рабочим в овладении основами измерительной техники: изучение наиболее распространенных контрольно-измерительных инструментов и, особенно, овладение рациональными приемами технических измерений.

В справочнике приведен материал по наиболее распространенным современным средствам линейно-угловых измерений, выпускаемым серийно инструментальными заводами СССР (в машиностроении на долю линейных и угловых измерений приходится 80—90 % общего числа измерений).

Отзывы и пожелания просим направлять по адресу: 252601, Киев, 1, Крещатик, 5, издательство «Техніка».

Глава I

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ

Измерение — процесс сравнения какой-либо физической величины с помощью специальных технических средств с однородной величиной, условно принятой за единицу (например, метр — единица длины). Результатом измерения является число, выражающее отношение измеряемой величины к величине, принятой за единицу. К техническим измерениям в машиностроении относят линейные и угловые измерения, т. е. измерения геометрических параметров деталей, сборочных единиц и изделий, отклонения расположения и формы, волнистость и шероховатость поверхностей.

Контроль — более широкое понятие, охватывающее как количественную, так и качественную оценку годности продукции. Различают контроль точности изготовленной продукции, при котором определяется соответствие действительных значений параметров качества продукции (геометрических, механических и др.) допустимым значениям этих параметров, установленным техническими условиями и заданными допусками (как правило, без определения числовых значений контролируемой физической величины), а также контроль точности технологических процессов. Задачей последнего является технологическое обеспечение требуемой точности, т. е. профилактика брака.

Виды средств измерения, методы измерения и их определения приведены в табл. 1.

По числу параметров, проверяемых при одной установке детали, различают одномерные и многомерные средства измерения, по степени автоматизации процесса — ручного действия, механизированные, полуавтоматические и автоматические. По характеру применения средства измерения делятся на универсальные и специального назначения.

Универсальные средства измерения линейных и угловых величин в зависимости от конструкции и принципа действия подразделяются на следующие группы:

1) механические — штриховые инструменты с линейным нониусом (штангенинструменты, универсальные угломеры и т. д.); микрометрические инструменты (микрометры гладкие, микрометрические нутромеры и глубиномеры и т. д.); 2) рычажно-механические — рычажиые, зубчатые, рычажно-зубчатые, пружинные (индикаторы, микрокаторы и т. д.); 3) оптические (инструментальные и универсальные измерительные микроскопы, проекторы, интерферометры и т. д.); 4) оптико-механические (оптиметры, длиномеры и т. д.); 5) пневматические; 6) электрофицированные.

Средства измерения специального назначения применяются для контроля следующих параметров: 1) отклонений формы и расположения поверхностей (поверочные линейки, плиты, угольники, уровни); 2) шероховатости поверхности (профилометры, профилографы, приборы светового и теиевого сечения); 3) резьб (резьбовые микрометры, шагомеры); 4) зубчатых передач (зубомеры, нормалемеры, межцентромеры и т. д.).

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Метрологическими показателями средств измерения являются их характеристики, которые позволяют судить о пригодности этих средств для измерений в известном диапазоне с известной точностью (рис. 1).

Из метрологических показателей средств измерения наибольшее значение имеют следующие:

диапазон измерений прибора $L + l$ — область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средств измерения;

пределы измерений прибора — наибольшее и наименьшее значения диапазона измерений;

1. Основные термины и их определение

Термин	Определение	Примеры
Средство измерения	Техническое устройство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства	Штангенинструменты, оптиметры, инструментальные и универсальные измерительные микроскопы и т. д.
Мера	Средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера	Плоскопараллельные концевые меры длины (однозначные меры). Измерительные линейки, рулетки, лимбы и т. д. (многозначные меры)
Калибр	Бесшкальное средство измерения, предназначенное для контроля отклонений размеров, формы и взаимного расположения поверхностей деталей без определения величины действительного размера	Гладкие предельные калибры, резьбовые калибры, шлицевые калибры и т. д.
Измерительный инструмент, измерительный прибор	Средство измерения, предназначенное для получения сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Простейшие средства измерения относят к группе измерительных инструментов, более сложные — к группе измерительных приборов	Инструменты — штангенциркули, микрометры, нониусные угломеры, штангенглубиномеры; приборы — оптиметры, инструментальные и универсальные измерительные микроскопы, профилографы-профилометры
Результат измерения	Численная величина объекта измерения, выраженная в принятых для него единицах и полученная путем измерения	—
Показание средства измерения	Значение измеряемой величины, определяемое по отсчетному устройству средства измерения	—
Метод измерения	Совокупность приемов использования принципов и средств измерения. К этой совокупности относятся: приборы с определенными метрологическими показателями, установочные меры или установочные образцовые детали с их точностными характеристиками, температурный режим измерения, базирование измеряемого объекта, характер измерительного контакта, количество и расположение выбранных для измерения точек или участков на поверхности контролируемых объектов, условия отсчета и использования результатов измерения	—

Термин	Определение	Примеры
Принцип измерения	Совокупность физических явлений, на которых основаны измерения	—
Абсолютный метод	Значение измеряемой величины определяется непосредственно по показаниям измерительного прибора или инструмента, т. е. при этом методе нулевая точка прибора соответствует нулевому значению измеряемой величины	Измерение диаметра детали штангенциркулем, микрометром, микрометрическим нутромером и т. д.
Относительный метод	Значение измеряемой величины определяется сравнением с величиной, воспроизводимой установочной мерой, т. е. при этом методе нулевая точка прибора настраивается на определенное значение измеряемой величины, отличной от нуля	Измерение диаметра детали индикаторным нутромером, оптиметром, настроенными по концевым мерам или установочным образцовым деталям
Прямой метод	Значение измеряемой величины определяется непосредственно из данных измерений абсолютным или относительным методом	Измерение среднего диаметра резьбы резьбовым микрометром или на инструментальном микроскопе. Измерение угла угломером
Косвенный метод	Значение измеряемой величины определяется расчетом по результатам прямых измерений другой величины, связанной с измеряемой известной зависимостью	Измерение среднего диаметра резьбы методом трех проволочек. Измерение угла с помощью синусной линейки и измерительной головки
Дифференцированный (поэлементный) метод	Независимое определение значения каждого параметра изделия в отдельности. Заключение о годности детали делают по результатам всех измерений	Измерение элементов резьбы на инструментальном микроскопе
Комплексный метод	Заключение о годности детали осуществляется по всем или нескольким ее параметрам при одновременном контроле	Контроль резьбы резьбовыми калибрами. Контроль шлицевыми пробками и кольцами
Контактный метод	При измерении происходит соприкосновение измерительных поверхностей прибора с поверхностью контролируемой детали	Измерение детали микрометром, оптиметром и другими приборами с измерительными наконечниками. Измерение шероховатости поверхности профилометром-профилографом

Продолжение табл. 1

Термин	Определение	Примеры
Бесконтактный метод	Измерение без соприкосновения измерительных частей прибора с поверхностью контролируемой детали. Входная величина передается в измерительный прибор (его преобразователь) лучом света, струей воздуха и т. п.	Измерение детали на инструментальном микроскопе, на проекционных приборах. Измерение шероховатости поверхности на приборе светового сечения

диапазон показаний — область значений шкалы, ограниченная ее начальным и конечным значениями;

интервал деления шкалы — расстояние между осями двух соседних отметок шкалы;

цена деления шкалы — значение измеряемой величины, соответствующее одному делению шкалы;

измерительное усилие — усилие воздействия измерительного наконечника прибора на поверхность измеряемой детали в зоне контакта;

погрешность измерения — суммарная погрешность, обусловливающая разность между результатом измерения и действительным значением измеряемой величины. В качестве действительного значения величины принимается результат измерения, полученный при помощи более точных методов и средств измерения;

погрешность средства измерения — составляющая погрешности измерения, вызываемая погрешностью изготовления, юстировки прибора, несовершенством его конструкции, износом в процессе эксплуатации;

погрешность метода измерения — составляющая погрешности измерения, вызываемая несовершенством метода измерения. Определяется инструментальной погрешностью, погрешностью блока концевых мер или установочной образцовой детали, погрешностью установки измеряемой детали, отклонением условий измерения от нормальных и т. д.;

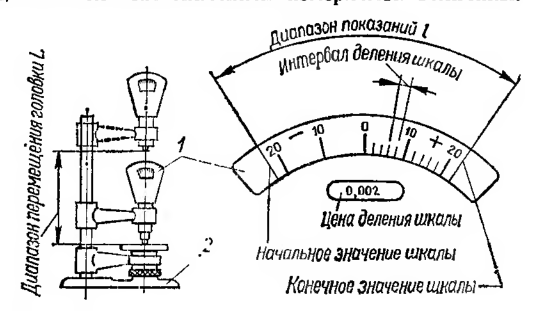


Рис. 1. Метрологические показатели измерительного прибора:

1 — измерительная головка; *2* — стойка.

основная погрешность — погрешность значения меры или показания прибора, соответствующая нормальным условиям измерения;

дополнительная погрешность — погрешность, вызываемая воздействием внешних условий на средство измерения, при отклонении условий измерения от нормальных.

Различают погрешность измерения и погрешность показания. Предельная погрешность показания прибора (наибольшая без учета знака погрешность средства измерения, при которой оно может быть признано годным и допущено к применению) представляет собой погрешность измерений, проведенных в условиях, определяемых стандартом на методы и средства поверки.

При использовании прибора в производственных условиях нормативная предельная погрешность измерения значительно (в 1,3—2,6 раза) превышает предельную погрешность показаний прибора.

НОРМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Нормальные условия выполнения линейных измерений в пределах от 1 до 500 мм и измерений углов с длиной меньшей стороны до 500 мм установлены ГОСТ 8.050—73 (СТ СЭВ 1155—78). Нормальные условия должны обеспечиваться с целью практического исключения дополнительных погрешностей при измерениях. Стандартом приняты следующие нормальные значения основных параметров, влияющих на точность измерения:

Параметр	Значение
Температура окружающей среды, °С	20
Атмосферное давление, кПа (мм рт ст.)	101,3 (760)
Относительная влажность воздуха, %	58
Ускорение свободного падения, м/с²	9,8

Допускаемые отклонения от нормального значения составляют для атмосферного давления ±4 кПа (±30 мм рт. ст.) и для относительной влажности воздуха +22 ... ... — 18 %.

Наибольшее влияние на точность измерения оказывает температурная погрешность. В зависимости от допусков и диапазона измеряемых размеров установлены пределы допускаемого отклонения температуры измеряемой детали и рабочего пространства от нормального значения в процессе измерения (табл. 2).

2. Пределы допускаемого отклонения температуры, °С, объекта измерения и рабочего пространства от нормального значения в процессе измерения

Интервал размеров, мм	Квалитет				
	01	0	от 1 до 5	от 6 до 8	от 9 до 10
Св. 1 до 18	±0,8	±1,0	±1,5	±3	±4
» 18 » 50	±0,3	±0,5	±1,0	±2	±3
» 50 » 500	±0,2	±0,3	±0,5	±1	±2

3. Время, ч, выдержки измеряемой детали и измерительного средства в рабочем пространстве

Масса объекта измерения, кг	Квалитет			
	от 01 до 0	от 1 до 5	от 6 до 8	от 9 до 10
До 10	6	4	3	2
Св. 10 до 50	14	8	6	4
» 50 » 200	24	14	10	7
» 200 » 500	36	20	16	12

При угловых измерениях пределы допускаемого отклонения температуры объекта измерения и рабочего пространства от нормального значения составляют ±3,5 °С.

Время выдержки измеряемой детали и измерительного средства в рабочем пространстве до начала измерений должно быть не менее указанного в табл. 3.

ГОСТ 8.050—73 нормирует нормальное направление линии измерения. При измерении линейных размеров до 160 мм для наружных поверхностей направление линии измерения — вертикальное, более 160 мм, а также размеров отверстий, глубины и ширины пазов направление линии измерения — горизонтальное. Положение плоскости при измерении углов — горизонтальное.

Допускаемые отклонения от нормального направления линии измерения должны быть не более ±1° — для деталей 01 и 0 квалитетов точности; ±2° — для 1—5-го; ±5° — для 6—10-го.

С целью уменьшения погрешности измерения целесообразно, чтобы нормальная ориентация линий измерений совпадала с соответствующей ориентацией установочных мер и установочных образцовых деталей.

Поддержание нормальных условий в рабочем пространстве должно обеспечиваться в течение всего процесса измерения.

ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Выбор средств измерения определяется объемом выпуска измеряемой детали, ее конструктивными особенностями (габаритные размеры, масса, материал детали, жесткость конструкции), необходимой точностью изготовления детали, экономичес-

кими показателями средств измерения (стоимость и надежность прибора, стоимость его ремонта и эксплуатации; продолжительность работы до ремонта; время, затрачиваемое на настройку и процесс измерения; необходимая квалификация контролера).

Средства измерения выбираются таким образом, чтобы их допускаемая погрешность в заранее установленных условиях применения (т. е. с учетом всех дополни-

4. Допуски на обработку изделий *T* (числитель) и погрешность δ (знаменатель), мкм, при измерении линейных размеров от 1 до 500 мм (по ГОСТ 8.051—81)

Квалитет	Номинальные размеры, мм						
	до 3	св 3 до 6	св 6 до 10	св. 10 до 18	св 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80
2	1,2/0,4	1,5/0,6	1,5/0,6	2,0/0,8	2,5/1,0	2,5/1,0	3,0/1,2
3	2,0/0,8	2,5/1,0	2,5/1,0	3,0/1,2	4,0/1,4	4,0/1,4	5,0/1,8
4	3,0/1,0	4,0/1,4	4,0/1,4	5,0/1,6	6,0/2,0	7,0/2,4	8,0/2,8
5	4,0/1,4	5,0/1,6	6,0/2,0	8,0/2,8	9,0/3,0	11/4,0	13/4,0
6	6,0/1,8	8,0/2,0	9,0/2,0	11/3,0	13/4	16/5,0	19/5,0
7	10,0/3,0	12/3,0	15/4,0	18/5,0	21/6,0	25/7,0	30/9,0
8	14/3,0	18/4,0	22/5,0	27/7,0	33/8,0	39/10	46/12
9	25/6,0	30/8,0	36/9,0	43/10	52/12	62/16	74/18
10	40/8,0	48/10	58/12	70/14	84/18	100/20	120/30
11	60/12	75/16	90/18	110/30	130/30	160/40	190/40
12	100/20	120/30	150/30	180/40	210/50	250/50	300/60
13	140/30	180/40	220/50	270/60	330/70	390/80	460/100
14	250/50	300/60	360/80	430/90	520/120	620/140	740/160
15	400/80	480/100	580/120	700/140	840/180	1000/200	1200/240
16	600/120	750/160	900/200	1100/240	1300/280	1600/320	1900/400
17	1000/200	1200/240	1500/300	1800/380	2100/440	2500/500	3000/600

Квалитет	Номинальные размеры, мм					
	св. 80 до 120	св. 120 до 180	св 180 до 250	св. 250 до 315	св 315 до 400	св. 400 до 500
2	4,0/1,6	5,0/2,0	7,0/2,8	8,0/3,0	9,0/3,0	10,0/4,0
3	6,0/2,0	8,0/2,8	10/4,0	12/4,0	13/5,0	15/5,0
4	10/3,0	12/4,0	14/5,0	16/5,0	18/6,0	20,0/6,0
5	15/5,0	18/6,0	20/7,0	23/8,0	25/9,0	27/9
6	22/6,0	25/7,0	29/8,0	32/10	36/10	40/12
7	35/10	40/12	46/12	52/17	57/16	63/18
8	54/12	63/16	72/18	81/20	89/24	97/26
9	87/20	100/30	115/30	130/30	140/40	155/40
10	140/30	160/40	185/40	210/50	230/50	250/50
11	220/50	250/50	280/60	320/70	360/80	400/80
12	350/70	400/80	460/100	520/120	570/120	630/140
13	540/120	630/140	720/160	810/180	890/180	970/200
14	870/180	1000/200	1150/240	1300/260	1400/280	1550/320
15	1400/280	1600/320	1850/380	2100/440	2300/460	2500/500
16	2200/440	2500/500	2900/600	3200/700	3600/800	4000/800
17	3500/700	4000/800	4600/1000	5200/1100	5700/1200	6300/1400

Примечание. Разрешается увеличивать допускаемую погрешность измерения, указанную в таблице, при уменьшении допуска на размер, а также в случае разделения изделий на размерные группы для селективной сборки

тельных погрешностей) не превышала допускаемой погрешности измерения, а трудоемкость и себестоимость измерений были возможно более низкими.

Порядок выбора измерительных средств следующий. Вначале устанавливается значение допускаемой погрешности измерения. Зависимость между пределом допускаемой погрешности измерений δ, допусками на изготовление детали *T* и номинальными размерами регламентирована ГОСТ 8.051—81 (СТ СЭВ 303—76) «ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм» (табл. 4). Установ-

5. Предельные погрешности измерения, ± мкм, линейных размеров различными измерительными средствами

Прибор	Тип прибора	Диапазон измерений, мм	Используемый предел измерения, мм	Концевые меры		Интервал размеров, мм								
				разряд	класс точности	св. 1 до 10	св. 10 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св 80 до 120	св. 120 до 180	св. 180 до 250	св. 250 до 360	св. 360 до 500
Вертикальный и горизонтальный оптиметры (при измерении наружных размеров)	ОВО-1 ОВЭ-1 ОГО-1 ОГЭ-1	0—180 0—200 0—500 0—500	0,1	5	2	0,8	1,6	2,5	3,5	6	8,5	13	18	—
			±0,06	4	1	0,45	0,7	1,0	1,4	2,5	3,5	5	7,5	9
Горизонтальный оптиметр (при измерении внутренних размеров)	ОГО-1 ОГЭ-1	13,5—150	±0,06	4	1	—	1,4	1,4	1,9	2,5	3,5	—	—	—
Измерительная пружинная головка	01 ИГП	0—160 (стойки С—I и С—II)	±0,003	3	0	0,35	0,6	1,0	1,4	2,5	3,5	—	—	—
	02 ИГП		±0,006	3	0	0,45	0,7	1,0	1,4	2,5	3,5	—	—	—
	05 ИГП		±0,015	3	0	0,6	0,8	1,1	1,5	2,5	3,5	—	—	—
	1 ИГП		±0,03	5	2	1,1	1,8	2,5	3,5	6	8,5	—	—	—
	2 ИГП		±0,06	5	2	1,7	2	3	3,5	6	8,5	—	—	—
	1 ИГП		±0,03	4	1	0,7	0,9	1,1	1,5	2,5	3,5	—	—	—
	5 ИГП		±0,15	—	3	4	4,5	4,5	5,5	7	9,5	—	—	—
	1-ИПМ		±0,05	5	2	1,3	1,9	2,5	3,5	6,0	8,5	—	—	—
Измерительная пружинно-оптическая головка	01П	0—160 (стойка С—I)	±0,012	3	0	0,3	0,6	1,0	1,4	2,5	3,5	—	—	—
			±0,01	2		0,25	0,35	0,5	0,7	1,2	1,7	—	—	—
	02П		±0,025	3	0	0,35	0,6	1,0	1,4	2,5	3,5	—	—	—
	05П		±0,05	3	0	0,6	0,8	1,0	1,4	2,5	3,5	—	—	—
Измерительная рычажно-зубчатая головка, индикатор	1ИГ	В зависимости от используемой стойки или штатива	±0,05	5	2	1,5	2,0	2,5	3,5	6	8,5	12	—	—
	2ИГ		±0,1	5	2	1,9	2,5	3	4	6	9	12,5	—	—
	1МИГ		0—1,0	—	3	4,5	4,5	5	5	8	10	14	—	—
			0—0,1	—	3	3	3	3	3,5	4	4,5	6	—	—

	2 МИГ		0—2	—	3	8,5	8,5	8,5	9	10	12	15	—	—
	ИЧ		0—10	—	4	16	16	16	16	17	18	20	25	30
			0—1,0	—	3	9,5	9,5	9,5	10	11	13	16	20	26
			0—0,1	5	2	4,5	5	5	5,5	7,5	10	13	19	25
Скоба:														
рычажная	СР	0—150	±0,14	5	2	2,5	2,5	4,5	7,5	9	11	—	—	—
индикаторная	СИ	0—1000	0—1,0	—	3	11	11	11	12	13	14	30	38	49
Индикаторный нутромер с ценой деления, мм:														
0,001 и 0,002	НИ	2—260	±0,05	5	2	4	4,5	4,5	5	5,5	6	7	8	—
0,01 мм	НИ	6—1000	0—1,0	—	3	10	11	12	14	16	17	18	20	23
Микрометр:														
рычажный	МР	0—50	±0,02	5	2	2	2	5,5	8,5	13	17	25	34	48
	МРИ	50—2000	0—25	5	2	3,5	3,5	6,5	9	14	18	26	35	49
гладкий	МК	0—600	0—25	—	—	5,5	5,5	7,5	9,5	14	18	26	35	49
Штангенциркуль:	ШЦ	Определяется в зависимости от типа применяемого штангенциркуля												
измерение наружных размеров с отсчетом по нониусу														
0,05 мм				—	—	80	80	80	90	100	100	100	110	—
0,1 мм				—	—	150	150	150	160	170	190	200	210	230
измерение внутренних размеров с отсчетом по нониусу		То же												
0,05 мм				—	—	150	150	150	170	170	200	200	250	250
0,1 мм				—	—	200	200	200	230	230	300	300	300	300
Микрометрический нутромер	НМ	50—6000	0—13	—	—	—	—	—	20	25	28	32	75	40

Примечание. Приведенные погрешности измерения определены для следующих условий: разность коэффициентов линейного расширения измерительных средств и измеряемых деталей не превышает $3 \cdot 10^{-6}$; отклонения температуры, при которой производятся измерения, от нормальной температуры измерения (20 °С) не превышают указанных в табл. 2; температуры концевых мер и измеряемых деталей предполагаются выравненными в пределах 0,15°.

ленные ГОСТом погрешности измерения являются наибольшими, которые можно допускать при измерениях; они включают как случайные, так и неучтенные систематические погрешности измерения (погрешности показаний прибора, установочных мер, по которым производится настройка прибора; температурные, погрешности базирования детали при измерении и т. д.).

По расчетной предельной погрешности измерения $\delta_р$ определяются измерительные средства, с помощью которых может быть осуществлен процесс измерения. Для этого используются общемашиностроительные типовые руководящие материалы РДМУ 98—77, в которых указаны значения нормативных предельных погрешностей измерения $|\delta_т|$ различными измерительными средствами, выпускаемыми отечественными инструментальными заводами.

Значения погрешностей измерения линейных размеров наиболее распространенными средствами измерений приведены в табл. 5.

При выборе средств измерения следует учитывать неравенство $|\delta_т| \leqslant \delta_р$. Из тех средств измерения, табличные значения предельных погрешностей которых $|\delta_т|$ удовлетворяют этому неравенству, выбирается то, при котором обеспечиваются наименьшие трудоемкость и стоимость измерений. Если данные о трудоемкости и стоимости измерений отсутствуют, то наиболее приемлемым следует считать средство с табличной погрешностью $|\delta_т|$, наиболее близкой к расчетной $\delta_р$.

Пример 1. Необходимо измерить вал диаметром 40 $f7 \binom{-0{,}025}{-0{,}050}$. С помощью данных, приведенных в табл. 4, находим величину допускаемой погрешности измерений $\delta = \pm 7{,}0$ мкм (пересечение вертикальной колонки, соответствующей интервалу 30—50 мм, и горизонтального ряда, соответствующего 7-му квалитету). С учетом вышеприведенного неравенства из табл. 5 выбираем измерительное средство, например рычажный микрометр с погрешностью измерения $\pm 6{,}5$ мкм, или рычажный микрометр с настройкой на размер 40 мм по концевой мере 5-го разряда (погрешность измерения $\pm 5{,}5$ мкм). При измерении допускаемые отклонения температуры от нормальной (20 °С), согласно данным табл. 2, не должны превышать ± 2 °С.

Пример 2. Необходимо выбрать измерительное средство для контроля отверстия $40H9$ (+0,062). По табл. 4 находим, что для указанного отверстия допускаемая погрешность измерения $\delta = \pm 16$ мкм. Из данных табл. 5 следует, что для контроля отверстия $40H9$ может быть выбран индикаторный нутромер с ценой деления отсчетного устройства 0,01 мм при установке на размер 40 мм по концевой мере 3-го класса. Допускаемое отклонение температуры от нормальной не должно быть более ± 3 °С (табл. 2).

Пример 3. Необходимо выбрать средство для измерения шейки коленчатого вала, имеющей размер 85 $f7 \binom{-0{,}036}{-0{,}071}$. Это наружный размер цилиндрической части детали, который может быть измерен многими измерительными средствами. Однако размер, форма и масса детали не позволят измерить этот размер такими стационарными приборами, как оптиметр или пружинная измерительная головка со стойкой. В этом случае удобнее применять переносной прибор типа микрометра, рычажной или индикаторной скобы. Остается определить, какой из этих приборов обеспечит необходимую точность измерения. Пользуясь табл. 4 для диаметра 85 мм и допуска по 7-му квалитету, находим, что допускаемая погрешность измерения составляет $\delta = \pm 10$ мкм. Из табл. 5 следует, что требуемую точность измерения обеспечит рычажная скоба, так как у этого прибора предельная погрешность измерения составляет ± 9 мкм. Допускаемое отклонение температуры от нормальной не должно быть более ± 1 °С (табл. 2).

ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ И ХРАНЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Для обеспечения высокой точности и надежности измерительных средств необходимо выполнять определенные правила их хранения и эксплуатации. После длительного хранения измерительных приборов перед началом измерений необходимо удалить защитную смазку и пыль со всех наружных поверхностей прибора слегка смоченной в чистом авиационном бензине тканью, затем протереть поверхности чистой сухой салфеткой из мягкой льняной или хлопчатобумажной ткани. Необходимые сменные измерительные стержни, установочные образцы (калибр-кольцо, блок концевых мер с боковиками и т. п.) следует промыть в чистом авиационном бензине и тща-

тельно протереть измерительные поверхности чистой салфеткой из мягкой хлопчатобумажной или льняной ткани. При промывке следует пользоваться маслобензостойкими перчатками. При небольших перерывах в работе ограничиваются протиркой измерительных поверхностей прибора чистым сухим полотенцем или салфеткой из мягкой ткани. Промывка должна выполняться в специальном помещении, оборудованном вытяжным шкафом, с включенной вентиляцией. В помещении, где производится промывка, запрещено пользоваться открытым огнем, курить, а также применять электронагревательные приборы, пылесосы и полотеры. Измеряемые детали также должны тщательно протираться, очищаться от масла и абразивной пыли. При измерении не допускается попадание на приборы эмульсии, масла, абразивной пыли, стружки. Измерение следует выполнять чистыми, сухими руками.

Не следует прикасаться пальцами к поверхности линз оптических приборов во избежание их загрязнения. Для очистки внешних поверхностей линз надо первоначально удалить пыль очень мягкой кисточкой, хорошо промытой в эфире. Если после удаления пыли поверхность линз все еще остается недостаточно чистой, то ее нужно протереть мягкой, много раз стиранной (в последний раз без мыла) полотняной салфеткой, слегка смоченной бензином или эфиром.

В перерыве между измерениями инструменты должны лежать на сухой чистой поверхности; не рекомендуется их класть на металлические поверхности станков.

Перед измерением производится проверка нулевого показания прибора. Измерительные головки приборов должны крепиться надежно, но без перетяга, чтобы не было заклинивания измерительного стержня. Нельзя поворачивать измерительную головку, когда она закреплена в стойке; для поворота головка должна быть освобождена. При установке в стойку пружинную и пружинно-оптическую головки следует держать за корпус. Прикасаться к гильзе прибора не рекомендуется, так как после этого необходима длительная температурная стабилизация. Установка головки должна производиться осторожно без ударов, особенно по измерительному стержню.

Лампу осветителя оптических приборов необходимо включать за 20—30 мин до начала работы.

При измерении необходимо осторожно касаться детали измерительными поверхностями прибора, не применяя усилий. Для исключения ударов в конце хода рекомендуется измерительный стержень придерживать рукой или арретиром. Не допускается проводить измерительными поверхностями прибора по измеряемой детали или протаскивать деталь, если не отведена арретиром подвижная пятка.

При снятии и установке измерительный наконечник следует перемещать только вдоль оси измерительного стержня пружинных головок, во избежание повреждения пружинной подвески не допускается поворот наконечника.

Измерение деталей запрещается производить при включенном станке. Это опасно для рабочего и вызывает ускоренный износ измерительных поверхностей.

При измерении микрометрическими инструментами необходимо соблюдать следующие правила: не пользоваться микрометром с застопоренным микрометрическим винтом как жесткой скобой; не забывать перед вращением микрометрического винта ослаблять стопор, чтобы не вызвать чрезмерный износ и деформацию резьбы винта; измерение производить всегда с помощью трещотки, медленно и равномерно вращая ее (вращение барабана допускается только для предварительного подвода микрометрического винта к детали).

При применении штангенинструментов микрометрической подачей следует пользоваться только при установке разметочных губок на размер. В случае измерения внутренних размеров не следует базироваться на опорные поверхности губок штангенциркуля. Не рекомендуется производить измерения разметочными губками штангенциркуля.

После окончания измерений приборы необходимо тщательно протереть сухой мягкой тканью, затем масляной тряпкой и уложить в футляр.

Для длительного хранения прибора производится его консервация: измерительные и другие поверхности, подлежащие защите, очищаются тканью, смоченной в бензине, тщательно протираются сухой мягкой тканью, смазываются антикоррозионным составом и укладываются в футляр.

Хранить измерительные инструменты следует в футляре в сухих отапливаемых помещениях при температуре воздуха от +10 до +35 °С и относительной влажности не более 80 %. Воздух в помещении не должен содержать примесей агрессивных газов.

Глава II

МЕРЫ

КОНЦЕВЫЕ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ

Плоскопараллельные концевые меры длины по ГОСТ 9038—83 (СТ СЭВ 720—77) представляют собой прямоугольные параллелепипеды или цилиндры с двумя плоскими взаимно параллельными измерительными поверхностями.

Концевые меры в форме цилиндрического стержня применяются в основном в качестве установочной меры для микрометров.

Номинальным размером концевой меры длины является срединная длина, т. е. длина перпендикуляра, опущенного из середины одной из измерительных поверхностей меры на противоположную измерительную поверхность. На мерах 5,5 мм и менее значение номинальной длины нанесено на одной из измерительных поверхностей, на мерах более 5,5 мм — на нерабочей поверхности.

На нерабочих поверхностях концевых мер длиной более 100 мм нанесены штрихи на расстоянии $0{,}2113l$ от концов меры. Установочные базы для мер длиной более 100 мм должны располагаться в указанных местах, чтобы обеспечить параллельность торцевых сечений.

Притираемость концевой меры (прочное сцепление концевых мер между собой при прикладывании или надвижении одной меры на другую при некотором давлении) обусловлена молекулярным притяжением поверхностей, имеющих малую шероховатость и малые отклонения от плоскопараллельности в присутствии тонкого слоя смазки (при обычной промывке мер в бензине толщина масляной пленки на поверхности равна приблизительно 0,02 мкм). Совершенно обезжиренные или покрытые толстым слоем смазки концевые меры не притираются. Благодаря свойству концевых мер притираться имеется возможность составлять из отдельных мер блоки необходимых размеров.

По точности изготовления концевые меры длины выпускаются четырех основных классов: 0; 1; 2 и 3-го. Класс точности концевых мер определяется величинами допустимых отклонений срединной длины, отклонений от плоскопараллельности измерительных поверхностей, а также качеством притираемости. Класс набора мер определяется низшим классом отдельной меры, входящей в набор. Для концевых мер, находящихся в эксплуатации, устанавливаются дополнительные классы: 4-й и 5-й. По специальному заказу могут быть изготовлены более точные концевые меры длины класса 00.

В зависимости от погрешности, допущенной при аттестации мер (по точности определения отклонений срединной длины мер и отклонений от плоскопараллельности), установлены разряды мер: 1; 2; 3; 4; 5-й. Для каждого из разрядов определены методы и средства измерения. Меры 1-го разряда имеют наименьшую погрешность.

При использовании концевых мер по классам за действительный принимается номинальный размер. При этом допускается ошибка, равная сумме отклонений срединных длин используемых в блоке мер. В данном случае существенно упрощаются расчеты. При применении концевых мер по разрядам за размер меры принимается ее действительное значение, указанное в аттестате. В этом случае в погрешность измерений, осуществляемых с помощью концевых мер, входят не погрешности изготовления, а погрешности измерения срединных длин мер. Применение мер по разрядам позволяет повысить точность измерений в 2—4 раза, но усложняет подсчеты в связи с необходимостью учета действительных размеров всех мер.

Пример. Для настройки вертикального оптиметра использован блок концевых мер длины, состоящий из четырех мер: $1{,}005 + 1{,}38 + 6{,}5 + 50 = 58{,}885$ мм. Действительный размер блока концевых мер определяется действительными размерами мер, входящих в блок: $1{,}0048 + 1{,}3798 + 6{,}5005 + 50{,}0004 = 58{,}8855$ мм.

Инструментальная промышленность выпускает различные наборы концевых мер длины (выбор набора определяется видом работы). Всего предусмотрен 21 набор из стальных мер (от 4 мер в наборе до 112 шт.) и 8 наборов с мерами из твердого сплава (от 4 до 112 шт.). Данные об основных наборах плоскопараллельных концевых мер длины приведены в табл. 6.

В целях уменьшения износа к наборам прилагаются защитные меры, устанавливаемые по концам блока. Защитные меры притираются к остальным только одной сторо-

6. Наборы концевых плоскопараллельных мер длины

Номер набора	Количество мер в наборе	Градации, мм	Номинальные значения длины мер, мм	Количество мер	Классы наборов
1	83	—	1,005	1	0; 1; 2; 3
		0,01	От 1 до 1,5	51	
		0,1	От 1,6 до 2	5	
		0,5	0,5	1	
			От 2,5 до 10	16	
		10	От 20 до 100	9	
2	38	—	1,005	1	1; 2; 3
		0,01	От 1 до 1,1	11	
		0,1	От 1,2 до 2	9	
		1	От 3 до 10	8	
		10	От 20 до 100	9	
3	112	—	1,005	1	0; 1; 2; 3
		0,01	От 1 до 1,5	51	
		0,1	От 1,6 до 2	5	
		0,5	0,5	1	
			От 2,5 до 25	46	
		10	От 30 до 100	8	
6	10	0,001	От 1 до 1,009	10	0; 1; 2
7	10	0,001	От 0,991 до 1	10	0; 1; 2
8	10	25	От 125 до 200	4	0; 1; 2; 3
		50	От 250 до 300	2	
		100	От 400 до 500	2	
9	12	100	От 100 до 1000	10	0; 1; 2; 3
		—	1,005	1	
		0,01	От 1 до 1,5	51	

Номер набора	Количество мер в наборе	Градации, мм	Номинальные значения длины мер, мм	Количество мер	Классы наборов
12	74	0,1	От 1,6 до 2	5	0; 1; 2; 3
		0,5	0,5	1	
			От 2,5 до 10	16	
14	38	0,5	От 10,5 до 25	30	0; 1; 2; 3
		10	От 30 до 100	8	
16	29	0,001	1,005	1	1; 2; 3
		0,01	От 1 до 1,1	11	
		0,1	От 1,2 до 2	9	
		1	От 3 до 10	8	

Примечание. К 1 и 2-му наборам мер прилагаются защитные меры с номинальными значениями длины 1 мм (2 шт.) и 1,5 мм (2 шт.); к 8 и 9-му наборам — 50 мм (2 шт)

ной. Для распознавания они имеют с одного края срезанные или округленные углы и особую маркировку.

Для более широкого использования концевых мер к ним выпускаются наборы принадлежностей. В эти наборы (рис. 2) входят державки *1* для крепления концевых мер и блоков мер *2* при измерении и разметке, основание *3* для установки блоков при разметке, чертильный *4*, радиусный *5*, центровой *6* боковики, стяжки *8* с винтами *7* и зажимные сухари *9* для крепления блоков с мерами размером более 100 мм.

Расчет концевых мер. Приступая к работе с концевыми мерами длины, следует предварительно рассчитать, какие меры нужно взять для данного блока. Количество мер в блоке должно быть минимальным, так как погрешность блока складывается из погрешности отдельных мер. Составлять блок более чем из пяти мер не рекомендуется.

Рассчитывая размеры концевых плоскопараллельных мер длины для составления их в блоки, следует учитывать имеющиеся в наборе размеры концевых мер. Первой берется та мера, которая совпадает одной или несколькими последними цифрами с составляемым размером. Затем из размера блока вычитается размер выбранной меры и берется вторая мера, совпадающая несколькими или одной последней цифрой с остатком.

При этом необходимо обращать внимание на следующее обстоятельство: лучше вторую меру взять такой, чтобы в десятых долях миллиметра оставалась цифра 5 либо 0. Это позволит составить блок из меньшего числа мер, чем когда исключена последняя значащая цифра (см. примеры составления блоков по 1-му и 2-му вариантам).

Пример. Требуется составить блок концевых мер для размера 59,965 мм из набора № 1.

Вариант 1

1-я мера . . . . 1,005 мм
Остаток . . . . 58,96 мм
2-я мера . . . . 1,46 мм
Остаток . . . . 57,5 мм
3-я мера . . . . 7,5 мм
Остаток . . . . 50 мм

Вариант 2

1-я мера . . . . 1,005 мм
Остаток . . . . 58,96 мм
2-я мера . . . . 1,06 мм
Остаток . . . . 57,9 мм
3-я мера . . . . 1,9 мм
Остаток . . . . 56 мм

4-я мера	50 мм
Проверка:	
1,005 + 1,46 + 7,5 + 50 = 59,965 мм	

4-я мера	6 мм
Остаток	50 мм
5-я мера	50 мм
Проверка:	
1,005+1,06 + 1,9 + 6 + 50 = 59,965 мм	

Подбор блоков по 2-му варианту займет у рабочего больше времени, а точность размеров будет ниже вследствие увеличения числа мер.

Приемы составления блоков. При составлении блока мер концевые меры очищаются от смазки, промываются авиационным бензином и протираются насухо чистой сухой салфеткой из мягкой льняной или хлопчатобумажной ткани. Притирка мер производится следующим образом. Одна из мер накладывается на вторую примерно на треть длины рабочей поверхности. Затем, не касаясь пальцами притираемых поверхностей, следует слегка прижать и медленно продвинуть меры до полного контакта рабочих поверхностей (рис. 3, *а*).

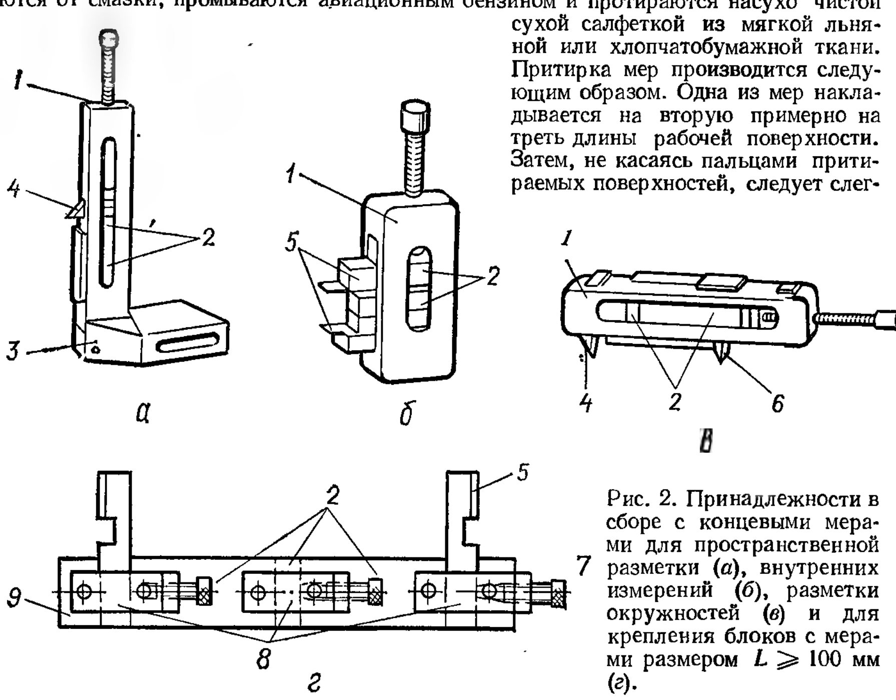


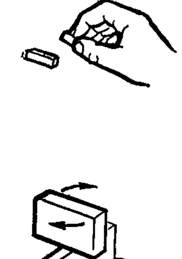
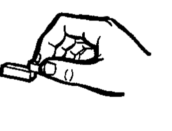
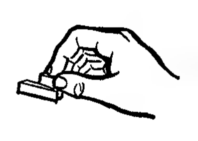
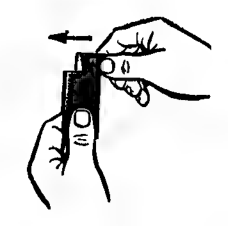
Рис. 2. Принадлежности в сборе с концевыми мерами для пространственной разметки (*а*), внутренних измерений (*б*), разметки окружностей (*в*) и для крепления блоков с мерами размером $L \geqslant 100$ мм (*г*).

Концевые меры можно притирать и другим способом. Меньшую меру накладывают на бо́льшую и с небольшим нажимом поворачивают их одну относительно другой до полного совмещения измерительных поверхностей (рис. 3, *б*).

Меры считаются притертыми, если блок не разъединяется под действием собственной массы (рис. 3, *в*). К блоку из двух мер точно таким же способом притирается третья, четвертая и т. д. Притирку мер в блок необходимо производить в определенной последовательности: вначале притираются между собой меры малых размеров, далее они притираются к мере среднего размера, а затем собранный из них блок — к мере большого размера; последними по концам собранного блока притирают защитные меры так, чтобы обозначение находилось с наружной стороны (защитные меры следует предварительно учесть при расчете размеров мер).

При составлении блоков необходимо соблюдать особую осторожность. Малейшая небрежность может привести не только к ненадежному сцеплению мер в блоке, но и к быстрой порче и выходу мер из строя.

Чтобы избежать быстрого износа и повреждения рабочих поверхностей концевых мер и лишний раз их не промывать, при работе с мерами следует выполнять следующие правила:

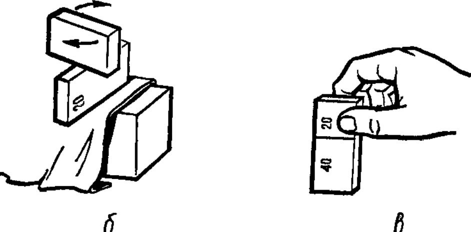



Рис. 3. Притирка концевых мер в блок.

1. Точно определять, каким набором и какого класса точности можно пользоваться. Так, не следует применять меры 2-го класса точности там, где можно обойтись мерами 3-го класса.

2. Не допускать лишних движений мер при притирке, приводящих к более быстрому их износу.

3. Меры брать только за нерабочие поверхности.

4. Меры класть на сухую деревянную поверхность, покрытую замшей или чистой бумагой.

5. Не оставлять меры в притертом состоянии дольше, чем это необходимо, чтобы избежать образования коррозии на их измерительных поверхностях.

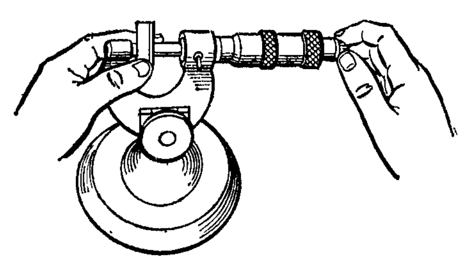
7. Перечень измерительных средств, поверяемых концевыми мерами

Концевые меры		Поверяемые измерительные средства
разряд	класс	
2	0	Измерительные приборы с допустимой погрешностью показаний от $\pm 0{,}1$ до $\pm 0{,}25$ мкм. Оптиметры. Измерительные головки с ценой деления 0,001 мм и 0,0002 мм. Универсальные микроскопы
3	1	Измерительные приборы с допустимой погрешностью показаний от $\pm 0{,}2$ до $\pm 2{,}0$ мкм. Измерительные головки с ценой деления 0,002 мм. Инструментальные микроскопы. Рычажные скобы и микрометры с ценой деления 0,002 мм (с допустимой погрешностью показаний $\pm$ (3—4) мкм)
4	2	Микрометры 1-го и 2-го классов (с допустимой погрешностью показаний от ± 5 до ± 10 мкм). Измерительные головки с ценой деления 0,005 и 0,01 мм
5	3	Индикаторы с ценой деления 0,01 мм. Микрометрические глубиномеры и нутромеры
5	4 и 5	Штангенциркули, штангенглубиномеры с допустимой погрешностью показаний от ± 20 до ± 300 мкм

6. При обнаружении на поверхности меры царапин, заусенцев, забоев ее следует изъять из употребления во избежание порчи других мер.

7. Обеспечивать максимальную чистоту измеряемых с помощью мер деталей, очищая их от пыли чистыми мягкими салфетками.

Рис. 4. Поверка инструментальной погрешности микрометра.



Применение. Концевые плоскопараллельные меры длины предназначаются для хранения единицы длины и передачи размеров от эталона до изделия. С их помощью производятся поверка и градуировка средств измерения. В табл. 7 приведены данные о применении мер в зависимости от точности их изготовления и аттестации. На рис. 4 показана поверка инструментальной погрешности микрометра путем сопоставления его показания с размером блока мер. Концевые меры длины применяются для установки на нуль шкал некоторых приборов при относительном методе измерения, например индикаторных нутромеров (рис. 5, *а*), измерительных пружинных головок (рис. 5, *б*),

Рис. 5. Установка на размер приборов и регулируемых калибров по блоку концевых мер:

1 — блок концевых мер; *2* — державка; *3* — регулируемый стержень; *4* — боковики; *5* — измерительный стержень.

Рис. 6. Применение концевых мер для точной разметки окружностей (*а*) и оси паза (*б*):

1 — державка; *2* — центровой боковик; *3* — чертильный боковик; *4* — блок мер; *5* — основание.

а также для установки на размер регулируемых калибров-пробок (рис. 5, *в*) и скоб (рис. 5, *г*).

Концевые меры длины используются при выполнении точных разметочных работ (главным образом, в инструментальном производстве). При этом к блокам мер притираются центровые и чертильные боковики (рис. 6).

Концевые меры применяют также для непосредственных измерений размеров деталей и калибров (рис. 7). При измерении размеров отверстий к блокам мер притираются радиусные боковики. Размер детали или калибра определяется размером блока мер по характеру ощущения, возникающего при относительном перемещении детали и блока мер (по плотности сопряжения). Для этого составленный блок осторожно, без больших усилий, вводится между измеряемыми поверхностями детали (или же деталь вводится между поверхностями притертых к блоку боковиков). При наличии зазора или чрезмерно плотного соединения следует изменить размер блока мер, соответственно увеличив или уменьшив размер меры с последним десятичным знаком, затем проверить повторно плотность сопряжения.

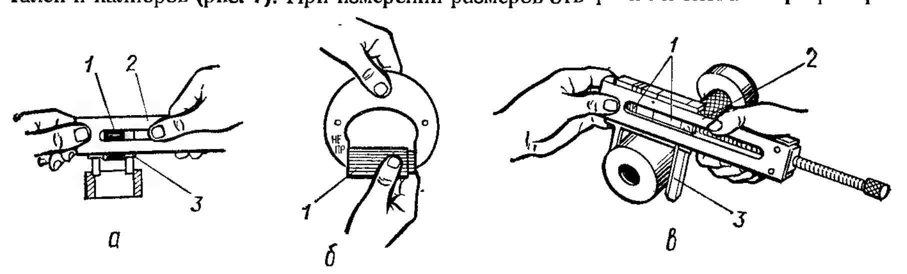


Рис. 7. Измерение плоскопараллельными концевыми мерами длины калибра-кольца (*а*), калибра-скобы (*б*), калибра-пробки (*в*):

1 — концевые меры; *2* — державка; *3* — боковик.

При контроле прямолинейности и плоскостности по методу световой щели (на просвет) для получения образцов просвета используются концевые плоскопараллельные меры длины микронного набора (№ 6 или № 7), притертые к стеклянной плоской пластинке. На меры ребром накладывается лекальная линейка. Меры подбираются таких размеров, чтобы между ними и лекальной линейкой образовались просветы в 1, 2, 3 мкм и т. д. Например, две опорные меры по 1 мм, затем меры 0,999; 0,998; 0,997 мм или две опорные меры по 1,007 мм, затем меры 1,000; 1,003 мм и т. д.

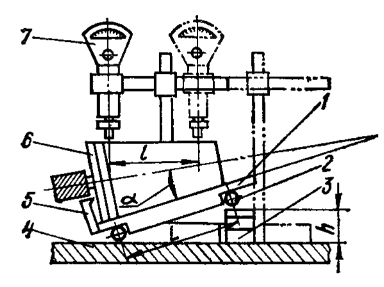


Рис. 8. Схема измерения угла детали при помощи синусной линейки:

1 — предметный стол; *2* — ролики; *3* — блок концевых мер; *4* — плита поверочная; *5* — планка упорная; *6* — деталь; *7* — измерительная головка.

Плоскопараллельные концевые меры длины применяются для точных измерений углов косвенным методом при помощи синусной линейки. Синусная линейка устанавливается на заданный угол на поверочной плите с помощью подкладываемых под ролик концевых мер (рис. 8). Размер блока концевых мер определяют по формуле $h = L\sin\alpha$, где α — номинальное значение измеряемого угла; L — расстояние между осями роликов.

Пример. Подобрать блок мер для установки угла 20° 32′. Расстояние между осями роликов $L = 100$ мм.

Определяем: $\sin 20°32' = 0{,}35075$. Размер блока концевых мер $h = 100 \times 0{,}35075 = 35{,}075$ мм.

Составляем блок мер:

1-я мера . . . . 1,005 мм
2-я » . . . . 1,07 мм

8. Угловые призматические меры (по ГОСТ 2875—75)

Угловая мера	Градация	Номинальные размеры рабочих углов
Тип 1. С одним рабочим углом со срезанной вершиной	2′ 1°	От 1′ до 29′ От 1° до 9°
Тип 2. С одним рабочим углом остроугольная	1° 10′ 1′ 15″ 10° 10′	От 10° до 79° От 15° до 16° От 15° до 15° 10′ От 15° до 15° 01′ От 15° 10′ до 75° 50′
Тип 3. С четырьмя рабочими углами	1°	80°—81°—100°—99°; 82°—83°—98°—97°; 84°—85°—96°—95°; 86°—87°—94°—93°; 88°—89°—92°—91°; 90°—90°—90°—90°
	10′	89° 10′—89° 20′—90° 50′—90° 40′; 89° 30′—89° 40′—90° 30′—90° 20′; 89° 50′—89° 59′—90° 10′—90° 01′; 90°—90°—90°—90°
	15″	89° 59′ 30″—89° 59′ 45″—90° 00′ 30″—90° 00′ 15″; 90°—90°—90°—90°

9. Наборы угловых мер

Номер набора	Количество мер в наборе	Градация	Номинальные значения рабочих углов	Количество мер	Класс набора
1	93	1° 10′ 1′	От 10° до 79° От 15° 10′ до 15° 50′ От 15° 01′ до 15° 09′	70 5 9	0; 1; 2
		—	80°—81°—100°—99°; 82°—83°—98°—97°; 84°—85°—96°—95°; 86°—87°—94°—93°; 88°— 89°—92°—91°; 90°—90°—90°—90°	6	
		—	89° 10′—89° 20′—90° 50′—90° 40′; 89° 30′—89° 40′—90° 30′—90° 20′; 89° 50′—89° 59′—90° 10′—90° 01′	3	
2	33	1° 10° — 10′ 1′	От 10° до 20° От 30° до 70° 45° От 15°10′ до 15°50′ От 15°01′ до 15°09′	11 5 1 5 9	0; 1; 2
		—	80°—81°—100°—99°; 90°—90°—90°—90°	2	
3	8	—	10°; 15°; 20°; 30°; 45°; 55°; 60°; 90°—90°—90°—90°	7 1	1; 2

Номер набора	Количество мер в наборе	Градация	Номинальные значения рабочих узлов	Количество мер	Класс набора
4	8	—	15° 10′; 30° 20′; 45°; 45° 30′; 50°; 60° 40′; 75° 50′ 90°—90°—90°—90°	7 1	1
5	7	15″ — —	От 15° до 15° 01′ 89° 59′ 30″—89° 59′ 45″—90° 00′ 30″—90° 00′ 15″ 90°—90°—90°—90°	5 1 1	0
6	24	1° 2′	От 1° до 9° От 1′ до 29′	9 15	0; 1
7	18	—	5″; 10″; 20″; 30″ 1′; 3′; 5′; 10′; 20′; 30′ 1°; 3°; 5°; 10°; 15°; 20°; 30°; 45°	4 6 8	0

3-я мера . . . . 3 мм
4-я » . . . . 30 мм

Подставив блок из этих мер под один из роликов, получим требуемый угол. После установки детали на синусной линейке определим действительный угол одним из двух способов. При первом способе стойка с измерительной головкой перемещается вдоль детали по длине l, в результате чего находится разность показаний измерительной головки Δl. Затем по формуле $\Delta\alpha = 2 \cdot 10^5 \Delta l/l$ рассчитывается отклонение измеряемого угла от номинального его значения.

При втором способе необходимо подобрать блок концевых мер, при котором измеряемая сторона угла детали займет положение, параллельное плоскости поверочной плиты. Отклонение от параллельности проверяется с помощью измерительной головки. Затем по формуле $\sin\alpha = h/L$ находится значение угла детали.

УГЛОВЫЕ ПРИЗМАТИЧЕСКИЕ

Угловые призматические меры (ГОСТ 2875—75) предназначены для воспроизведения, хранения и передачи единицы плоских углов заданных размеров, поверки угломерных приборов (шаблонов, калибров, угломеров), градуирования и установки угломерных инструментов, контроля наружных и внутренних точных углов изделий. Применяются как отдельные угловые меры, так и меры, составленные в блоки.

Угловые меры выпускаются пяти типов. Наибольшее распространение получили угловые меры, выполненные в форме трехгранной призмы с одним рабочим углом и четырехгранной призмы с четырьмя рабочими углами.

Номинальные размеры рабочих углов мер и их градация приведены в табл. 8.

По точности изготовления (в зависимости от пределов допускаемых отклонений рабочих углов от номинального значения, допускаемых отклонений формы и расположения измерительных поверхностей) угловые меры 1, 2 и 3-го типов выпускаются 0, 1 и 2-го классов точности; многогранные призмы 4-го типа — 00, 0, 1 и 2-го классов; угловая мера 5-го типа — 1-го класса точности.

Угловые меры могут поставляться отдельно или комплектоваться в наборы (табл. 9).

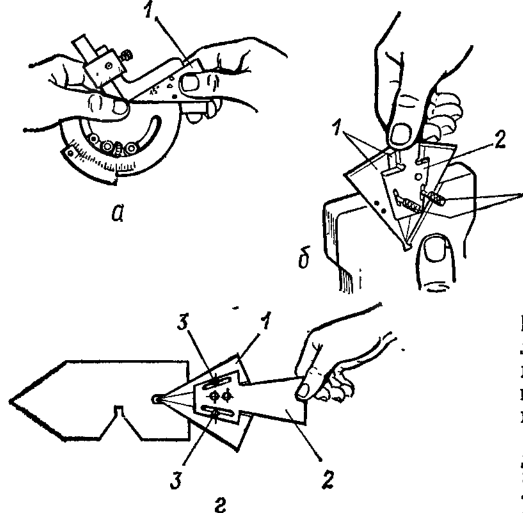
Инструментальная промышленность выпускает также набор принадлежностей к угловым мерам: державки для крепления мер, лекальные линейки.

Правила расчетов размеров угловых мер для образования блоков, а также правила подготовки к сборке и сборка их в блок, обращения и хранения аналогичны правилам, предъявляемым к концевым плоскопараллельным мерам длины.

П р и м е р. Требуется составить блок угловых мер для размера 71°28′. Выбор угловых мер для составления их в блок производится в последовательной ориентации на последние цифры размера:

1-я мера	15° 08′
Остаток	56° 20′
2-я мера	15° 20′
Остаток	41°
3-я мера	11°
Остаток	30°
4-я мера	30°

Проверка: $15°\,08' + 15°\,20' + 11° + 30° = 71°\,28'$.



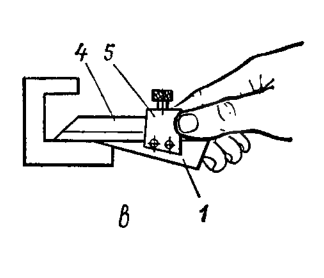


Рис. 9. Приемы измерения угловыми мерами погрешности показаний угломера (*а*), углов шаблона (*б*), детали (*в*) и резьбового шаблона (*г*):

1 — угловые меры; *2* — державка для крепления трех мер; *3* — клиновые штифты; *4* — лекальная линейка; *5* — державка для крепления мер и лекальной линейки

Угловые меры используются как нормальный угловой шаблон (одна мера или блок мер) или как предельные угловые шаблоны (две меры или два блока мер).

Блок угловых мер составляется следующим образом. Сначала в паз державки вставляется и закрепляется одна мера. К ней притирается вторая и прижимается клиновым штифтом. При блоке из трех угловых мер сначала в державке закрепляется средняя из мер, а к ней с двух сторон последовательно притираются остальные.

На рис. 9 показаны некоторые приемы измерения угловыми мерами. Проверка углов с помощью угловых мер производится на просвет методом световой щели. Величина просвета оценивается «на глаз» или путем сопоставления с образцами просвета. Погрешность при измерении углов угловыми мерами зависит от длины сторон измеряемого угла, качества обработки поверхности детали, освещенности, погрешности самих мер.

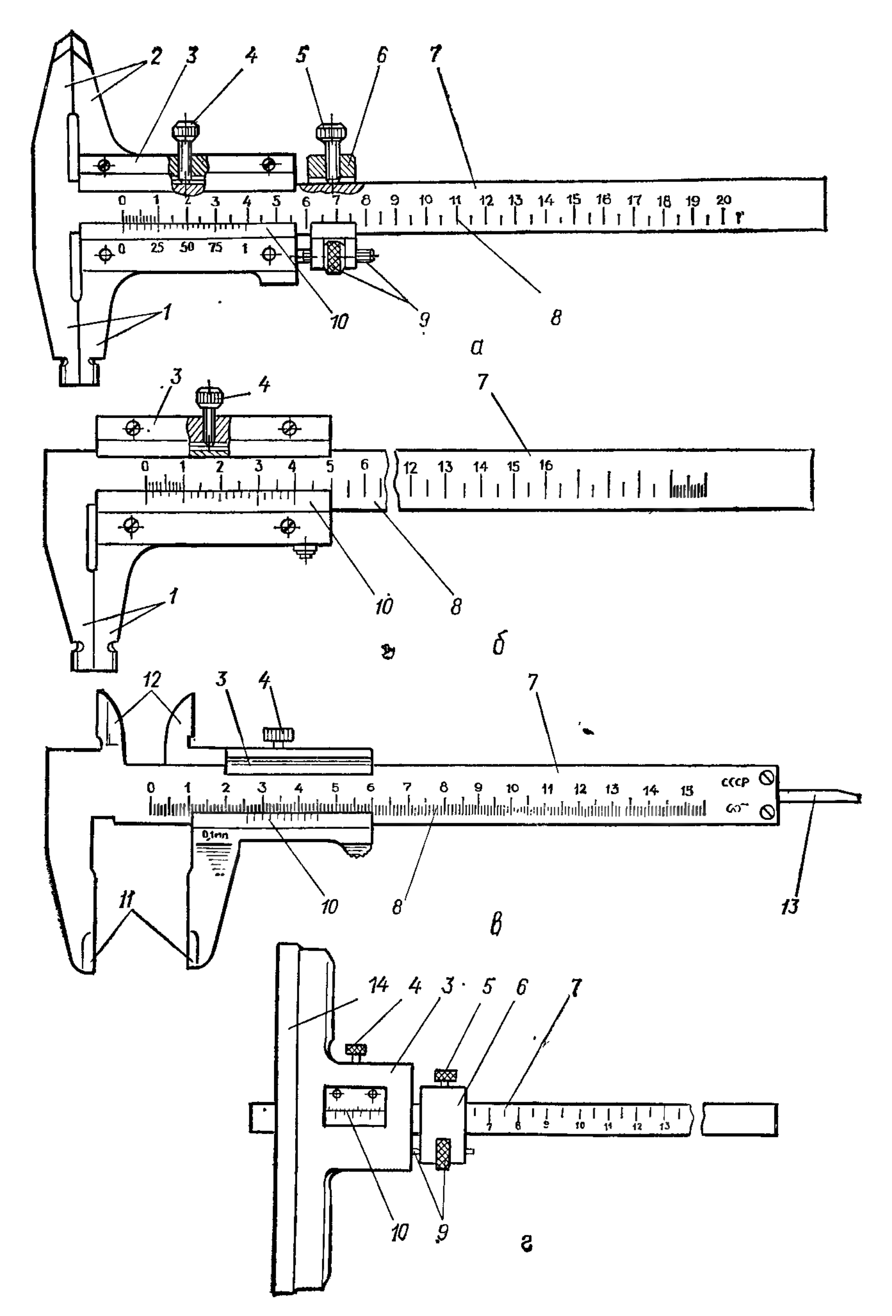
Глава III

МЕХАНИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТЫ

Типы и назначение

К группе штангенинструментов относят измерительные инструменты, основой которых является линейка-штанга, на которой нанесена основная штриховая шкала с интервалом деления 1 мм, и отсчетное приспособление (дополнительная штриховая шкала) нониус (рис. 10).



В группу штангенинструментов общего назначения входят штангенциркули (ГОСТ 166—80), штангенглубиномеры (ГОСТ 162—80), штангенрейсмасы (ГОСТ 164—80). В табл. 10 приведены характеристика и назначение основных типов выпускаемых в настоящее время штангенинструментов.

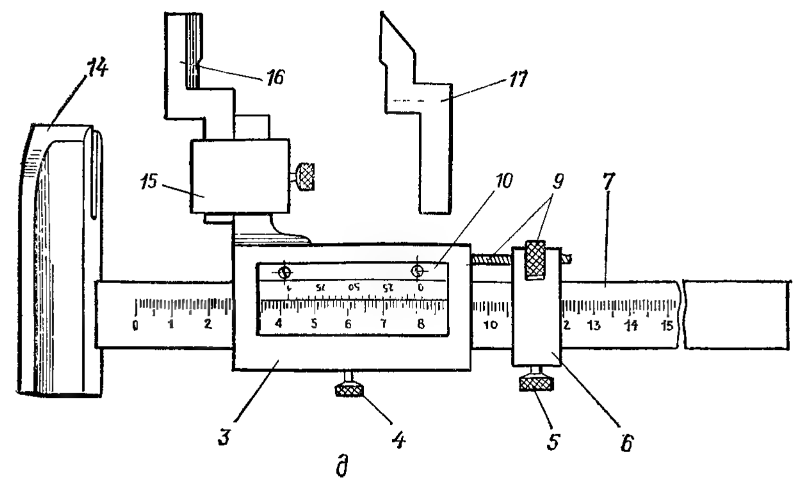


Рис. 10. Штангенциркули (*а* — *в*), штангенглубиномер (*г*) и штангенрейсмас (*д*):

1 — губки для наружных и внутренних измерений; *2* — губки для наружных измерений и разметки; *3* — рамка; *4* — стопорный винт для зажима рамки; *5* — стопорный винт для зажима рамки микрометрической подачи; *6* — рамка микрометрической подачи; *7* — штанга; *8* — шкала штанги; *9* — гайка и винт микрометрической подачи; *10* — нониус; *11* — губки для наружных измерений; *12* — губки для внутренних измерений; *13* — линейка глубиномера; *14* — основание; *15* — хомутик; *16* — измерительная ножка; *17* — разметочная ножка.

Конструктивно штангенциркули различаются по пределам измерения, форме измерительных губок и подвижной рамки, а также по точности измерения. Губки для измерений внутренних размеров могут быть двух вариантов. В штангенциркулях типов ШЦ-I они имеют ножевидную форму (рис. 10, *в*), в результате чего сразу можно получить измеряемый размер. В типах ШЦ-II и ШЦ-III (рис. 10, *а* и *б*) губки вы-

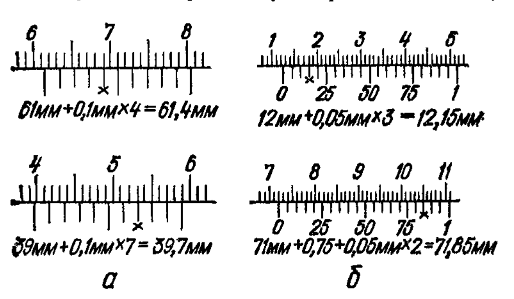
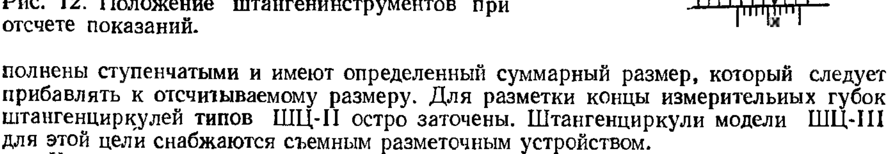


Рис. 11. Примеры отсчета показаний по нониусам штангенинструментов.

Рис. 12. Положение штангенинструментов при отсчете показаний.


полнены ступенчатыми и имеют определенный суммарный размер, который следует прибавлять к отсчитываемому размеру. Для разметки концы измерительных губок штангенциркулей типов ШЦ-II остро заточены. Штангенциркули модели ШЦ-III для этой цели снабжаются съемным разметочным устройством.

Кроме моделей общего назначения инструментальная промышленность по заказам выпускает ряд моделей штангенциркулей, имеющих дополнительные возможности, например специальные штангенциркули для выполнения разметочных работ

10. Характеристики штангенинструментов

Инструменты	Тип	Пределы измерений, мм	Величина отсчета по нониусу, мм	Назначение
Штангенциркули: двусторонние с глубиномером	ШЦ-I	0—125	0,1	Измерение наружных и внутренних размеров, глубин отверстий и пазов
односторонние с покрытием губок из твердого сплава с глубиномером	ШЦТ-I			
двусторонние	ШЦ-II	0—160 0—200 0—250 0—315	0,05 и 0,1	Измерение наружных и внутренних размеров, разметка
односторонние	ШЦ-III	0—160 0—200 0—250		
		0—315 0—400 0—500 250—630 250—800 320—1000 500—1250 500—1600 800—2000	0,1	Измерение наружных и внутренних размеров
Штангенциркуль-центромер	ШЦЦ	6—150	0,05	Измерение расстояний между осями отверстий
Разметочный штангенциркуль	ШЦР	15—300	0,1	Разметка плоскостей на разных высотах и от базовых отверстий
Штангенглубиномер	ШГ	0—160 0—250 0—400	0,05	Измерение глубин отверстий и пазов, высоты деталей, расстояний до буртиков или выступов
Штангенрейсмас	ШР	0—250	0,05	Измерение высоты деталей, установленных на поверочной плите, разметка
		40—400 60—630	0,05 и 0,1	
		100—1000 600—1600 1500—2500	0,1	

Примечание. При пределе измерения до 1000 мм предел допустимой погрешности показаний штангенциркулей и штангенглубиномеров не должен превышать величины отсчета по нониусу, т. е. ±0,05 мм при отсчете 0,05 мм и ±0,1 мм при отсчете 0,1 мм; при пределе измерений свыше 1000 мм погрешность не должна превышать удвоенную величину отсчета по нониусу. Для штангенрейсмасов предел допускаемой погрешности показаний не должен превышать величины отсчета по нониусу.

(для разметки плоскостей на разных высотах от базового отверстия, для построения углов). Штангенинструменты изготавливаются с величиной отсчета по нониусу (ценой деления нониуса), равной 0,1 и 0,05 мм. Пределы измерения шкалы нониуса равны цене деления основной шкалы.

При измерениях по положению нулевого штриха нониуса на шкале штанги отсчетом слева направо определяется целое число миллиметров в измеряемом размере (рис. 11). Дробная часть размера (число десятых и сотых долей миллиметра) определяется произведением величины отсчета по нониусу на порядковый номер штриха нониуса (не считая нулевого), совпадающего со штрихом штанги (рис. 11, *а*).

На нониусах с величиной отсчета 0,05 мм имеются цифры 25, 50 и 75, обозначающие сотые доли миллиметра. Для ускорения отсчета к этой цифре прибавляется результат умножения величины отсчета на порядковый номер короткого штриха нониуса, совпадающего со штрихом штанги, считая его от предыдущего длинного оцифрованного штриха нониуса (рис. 11, *б*). Конечный результат измерения получается в виде суммы двух величин: целой (целых миллиметров) и дробной (долей миллиметра) частей.

Точность измерения штангенинструментами зависит от величины отсчета по нониусу и от того, насколько точно найден штрих шкалы нониуса, действительно совпадающий со штрихом основной шкалы. Для повышения точности отсчета необходимо, чтобы взгляд был направлен перпендикулярно к плоскости основной шкалы на штанге. Искомый совпадающий штрих должен находиться приблизительно посередине между правым и левым глазом, как показано на рис. 12. В противном случае неизбежно искажение показаний.

Порядок измерений

Штангенциркуль. Перед началом измерений следует произвести проверку штангенциркуля. В том случае, если инструмент имеет перекошенные губки, игру рамки, забоины, царапины, следы коррозии на рабочих поверхностях, стертые штрихи штанги и нониуса, им пользоваться нельзя. Затем необходимо проверить правильность нулевого показания инструмента. При соприкасающихся измерительных губках нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпадать, просвет между измерительными поверхностями губок для наружных измерений у исправного инструмента не должен превышать 0,003 мм при величине отсчета по нониусу 0,05 мм и 0,006 мм при величине отсчета 0,1 мм.

Величина просвета определяется визуально по составленному из концевых мер длины образцу просвета. Ее также можно определить при помощи концевых мер длины, разность размеров которых дает значение допускаемого просвета. Например, концевыми мерами длины 1,005 и 1,020 мм измеряется просвет величиной 0,015 мм. Для этого мера 1,005 мм помещается между измерительными поверхностями губок в той стороне, где просвет не наблюдается, а мерой 1,020 мм измеряется значение просвета. Мера 1,020 мм не должна входить в зазор между губками.

Смещение нулевых штрихов шкалы штанги и нониуса не допускается. С целью его устранения нониус у штангенциркулей типов ШЦ-II и ШЦ-III может перемещаться вдоль рамки, для чего отверстия под крепежные винты делаются эллипсными.

У штангенциркулей типов ШЦ-I и ШЦТ-I с нерегулируемым нониусом, не бывших в эксплуатации, допускается смещение нулевого штриха нониуса относительно нулевого штриха штанги до +0,05 мм; у находящихся в эксплуатации — до —0,10 мм при условии, что погрешность показаний штангенциркуля при поверке не выходит за пределы допускаемого отклонения.

При смещении нулевого штриха нониуса относительно нулевого штриха штанги следует произвести переустановку нониуса, для чего необходимо отпустить винты крепления нониуса к рамке, передвинуть нониус в нулевое положение и закрепить винты. Освободив зажимные винты рамки, проверить плавность ее хода — рамка должна перемещаться по штанге свободно, но без качки.

Для измерения штангенциркуль следует взять правой рукой за штангу и, перемещая рамку большим пальцем правой руки за выступ на рамке, развести губки штангенциркуля на размер, несколько больше размера детали (при измерении наружных размеров) или же на размер меньше размера отверстия (при измерении внутренних размеров). Далее привести измерительные поверхности инструмента в соприкосновение с измеряемой поверхностью и проверить правильность положения изме-

рительных губок относительно измеряемых поверхностей. Нужно следить за тем, чтобы губки штангенциркуля прилегали к измеряемой поверхности по всей длине и не перекашивались. При правильной установке инструмента линия измерения *1*

Рис. 13. Правильная (*а*, *в*, *д*) и неправильная (*б*, *г*, *е*) установка штангенциркуля при измерениях.

перпендикулярна к оси детали и проходит через ее центр, а линия измерения *2* перпендикулярна к плоскостям (рис. 13, *а*, *в*). Перекос губок и замер по хорде недопустимы: при измерении наружных размеров это приведет к увеличению, а при измерении внутренних — к уменьшению размеров (рис. 13, соответственно *б* и *г*).

При измерении незакрепленной детали левая рука должна находиться за губками и захватывать деталь недалеко от губок (рис. 14); при измерении закрепленной детали левая рука должна слегка прижимать губку штанги к измеряемой поверхности (рис. 15). Правой рукой следует держать штангенциркуль за штангу (примерно в горизонтальном положении) и большим пальцем этой руки перемещать рамку за выступ до соприкоснове-

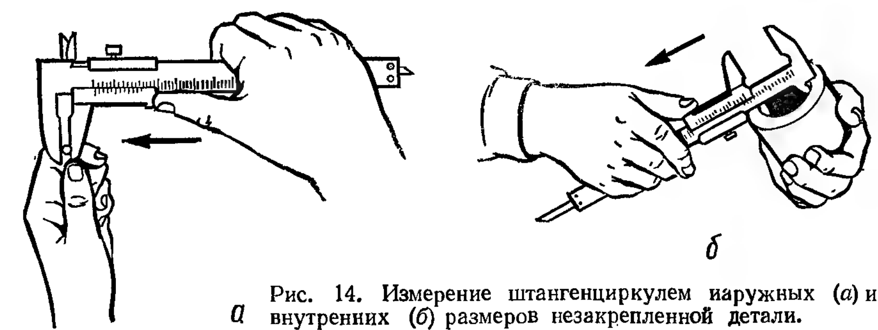


Рис. 14. Измерение штангенциркулем наружных (*а*) и внутренних (*б*) размеров незакрепленной детали.

ния с измеряемой поверхностью, не допуская перекоса губок и добиваясь нормального измерительного усилия.

Измерительное усилие определяется на ощупь — измерительные поверхности инструмента должны быть прижаты к измеряемой поверхности плотно, вместе с тем

должно быть обеспечено их относительное скольжение с легким трением детали о поверхности губок без качания (рис. 16, *а*, *б*). При измерении внутреннего диаметра большого размера измерительное усилие проверяется перемещением губок в вертикальной плоскости. Во избежание перекоса при проверке следует опираться на средние пальцы рук, расположив их возле губок (рис. 16, *в*).

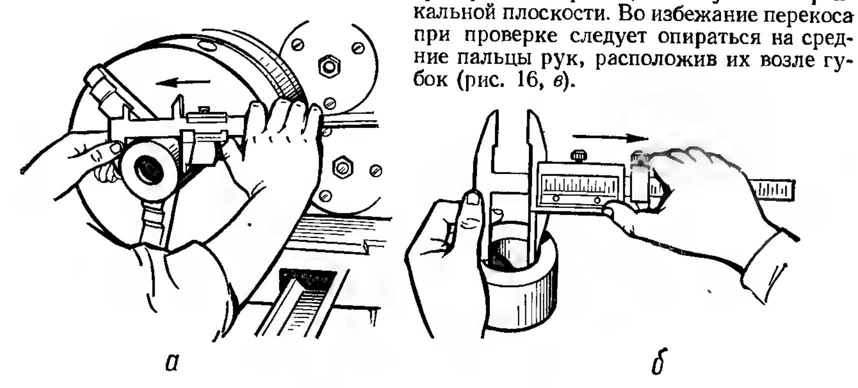


Рис. 15. Измерение штангенциркулем наружных (*а*) и внутренних (*б*) размеров закрепленной детали.

После окончательной установки штангенциркуля большим и указательным пальцами правой руки закрепляется рамка (при необходимости). При этом штанга поддерживается остальными пальцами этой руки, а губки — левой рукой.

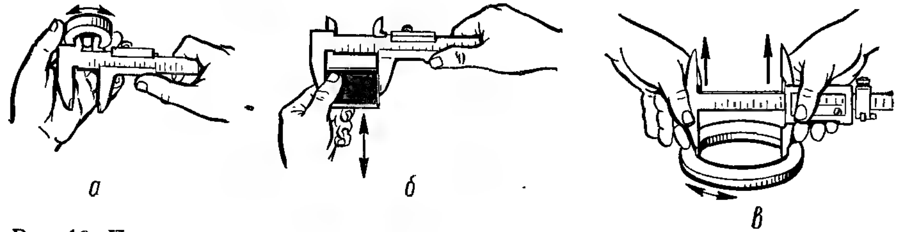


Рис. 16. Проверка измерительного усилия.

Отсчет показаний производится по основной шкале и нониусу (см. рис. 11). При измерениях внутренних размеров к показаниям штангенциркуля типов ШЦ-II и ШЦ-III прибавляется толщина губок, указанная на них (рис. 17).

При измерении глубины глухих отверстий, пазов, уступов штангенциркулем типа ШЦ-I штанга торцом устанавливается на плоскость детали у измеряемого отверстия или уступа. Нажимом на рамку линейка глубиномера перемещается до упора в дно отверстия или уступа. Необходимо при этом следить, чтобы линейка глубиномера была перпендикулярна к поверхностям, между которыми измеряется глубина (см. рис. 13, *д*). При отклонении глубиномера от этого направления измеренный размер будет больше действительного (рис. 13, *е*).

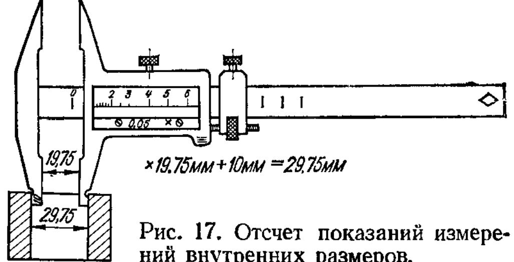


Рис. 17. Отсчет показаний измерений внутренних размеров.

При выполнении разметочных работ для точной установки размера пользуются микрометрической подачей. Для этого приблизительно устанавливается размер перемещением рамки, затем закрепляется рамка микрометрической подачи при помощи стопорного винта. При вращении гайки микрометрической подачи большим и указа-

тельным пальцами правой руки осуществляется точная установка рамки с нониусом (рис. 18). При этом левой рукой поддерживают губку штанги. После окончательной установки инструмента стопорят рамку.

Штангенглубиномер. Перед выполнением измерений проверяется правильность нулевого показания. При первом способе проверки штангенглубиномер опорной плоскостью основания устанавливается на поверочную плиту, затем торец штанги соприкасается с плитой (рис. 19, *а*). При втором — измерительные поверхности основания и штанги соприкасаются с ребром лекальной линейки (рис. 19, *б*). Нулевые штрихи основной шкалы и нониуса должны совпадать. При смещении нулевых штрихов нониуса и штанги следует произвести переустановку нониуса (см. измерение штангенциркулем).

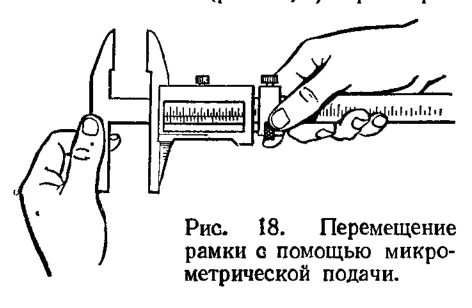


Рис. 18. Перемещение рамки с помощью микрометрической подачи.

Для выполнения измерений опорная плоскость основания устанавливается на базовую плоскость детали и плотно прижимается левой рукой. Затем штанга правой рукой опускается в отверстие или паз, глубину которых требуется измерить, до соприкосновения торцом с дном отверстия (рис. 19, *в*). Отсчет показаний производится так же, как у штангенциркуля.

Штангенрейсмас. К губке рамки при помощи хомута крепится сменная ножка (см. рис. 10): остроотточенная *17*, предназначенная для разметочных работ, или измерительная *16*. Нижняя плоская измерительная поверхность ножки служит для наружных измерений, верхняя, предназначенная для внутренних измерений, имеет острое ребро.

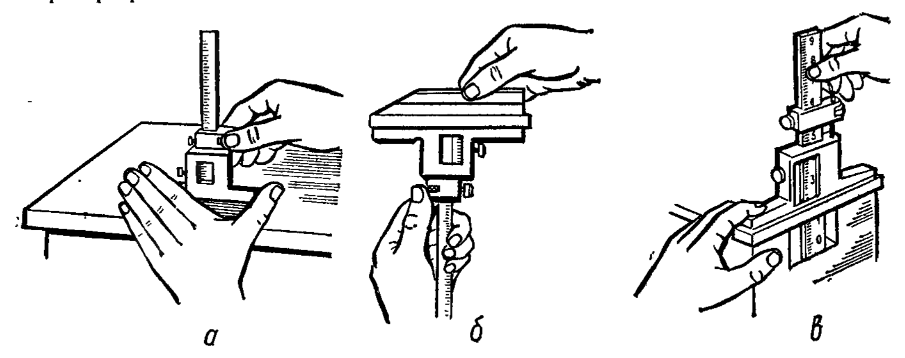


Рис. 19. Проверка нулевого показания штангенглубиномера (*а*, *б*) и измерение штангенглубиномером (*в*).

Правильность нулевой установки штангенрейсмаса проверяется по совпадению нулевых штрихов шкал штанги и нониуса при опускании рамки до соприкосновения измерительной или разметочной ножек с поверочной плитой (при пределах измерения 0—250 мм) или с поверхностью установленной на плиту плоскопараллельной концевой меры, длина которой соответствует нижнему пределу измерения штангенрейсмаса (рис. 20, *а*).

Если нулевые штрихи нониуса и штанги не совпадают, то необходимо освободить винты, крепящие нониус, передвинуть нониус в нулевое положение, после чего закрепить винты.

Для измерений с помощью штангенрейсмаса деталь и инструмент устанавливаются на поверочной плите, левой рукой основание штангенрейсмаса прижимается к плите, а правой рукой осторожно доводится измерительная ножка до соприкосновения с измеряемой поверхностью (рис. 20, *б*). После этого рамка закрепляется стопорным винтом. Измеряемый размер определяется по основной шкале и нониусу.

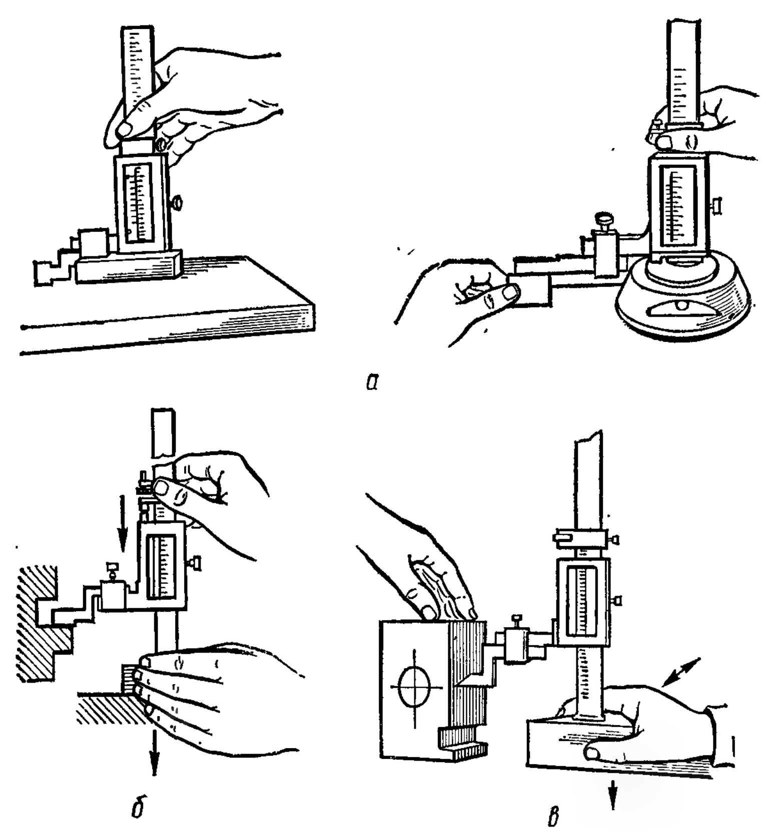


Рис. 20. Проверка нулевого показания штангенрейсмаса (*а*), измерение (*б*) и разметка (*в*) с помощью штангенрейсмаса.

При измерениях внутренних размеров к показаниям шкалы необходимо прибавлять толщину измерительной ножки (размер маркирован на ножке).

Для разметки разметочная ножка устанавливается с помощью микрометрической подачи на заданный размер. Затем при легком прижиме основания штангенрейсмаса к поверочной плите правой рукой перемещается штангенрейсмас вдоль размечаемой детали и острием разметочной ножки прочерчивает линию (рис. 20, *в*).

МИКРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Типы конструкции и назначение

Микрометрические инструменты предназначены для выполнения измерений абсолютным методом. У всех микрометрических инструментов измерительным элементом служит микрометрический винт, имеющий резьбу с точным шагом (обычно шаг резьбы $P = 0{,}5$ мм). Конструктивно микрометрическая пара выполняется в виде резьбовой (микрометрической) гайки и микрометрического винта, соединенного с отсчетным барабаном. Винтовая пара используется для преобразования продольного перемещения винта в окружные перемещения шкалы барабана. Измеряемый размер определяется по углу поворота барабана. Для отсчета целого числа оборотов микрометрического винта служит продольная (основная) шкала, которая расположена на запрессованной в корпус втулке, называемой стеблем. Стебель является гайкой для

микрометрического винта и одновременно обеспечивает его центрирование и направление по наружному диаметру. Основная шкала сдвоенная, состоит из двух шкал с интервалом в 1 мм (для облегчения отсчета), сдвинутых одна относительно другой на 0,5 мм и расположенных по обе стороны от продольного штриха на стебле, т. е. интервал деления осиовной шкалы равен шагу микрометрического винта.

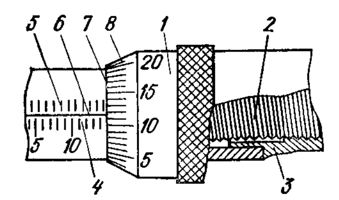


Рис. 21. Отсчетное устройство микрометрических инструментов:

1 — барабан; *2* — микрометрический винт; *3* — микрометрическая гайка; *4* — шкала для отсчета целых миллиметров; *5* — дополиительная шкала для отсчета целых оборотов микрометрического винта; *6* — продольиый штрнх; *7* — торец барабана; *8* — круговая шкала.

Указателем для отсчета по этой шкале является торец барабана, закрепленного на микрометрическом винте (рис. 21). Для отсчета долей оборота микрометрического винта, т. е. десятых и сотых долей миллиметра, служит круговая шкала с радиальными штрихами (50 делений), нанесенными на конусной части барабана. Указателем для отсчета по этой шкале является продольный штрих, нанесенный на стебле. Отсчет определяется по порядковому номеру штриха барабана (не считая нулевого), совпадающего с продольным штрихом стебля. Счет ведется всегда в сторону нарастания номеров штрихов.

Рис. 22. Типы микрометрических инструментов для наружных измерений:

а — гладкий; *б* — трубиый; *в* — зубомериый; *г* — с плоскими вставками; *д* — листовой с циферблатом (*1* — скоба; *2* — пятка; *3* — микрометрический винт; *4* — стопор; *5* — стебель; *6* — барабан; *7* — трещотка; *8* — измерительиая губка; *9* — вставка; *10* — стрелка; *11* — циферблат).

В настоящее время выпускается несколько типов микрометрических инструментов (рис. 22), отличающихся назначением, конструктивным выполнением, пределами

измерения (гладкие и рычажные микрометры, микрометрические нутромеры и др.). В табл. 11 приведены характеристики основных типов выпускаемых в настоящее время микрометрических инструментов и указано их назначение.

На рис. 23 показана конструкция гладкого микрометра. Корпусом инструмента служит подковообразная скоба *1*. С одной стороны в нее запрессована измерительная пятка *2*, торцовая поверхность которой образует измерительную поверхность. У микрометров с верхним пределом диапазона измерения более 300 мм пятка выполнена переставной с ходом 75 мм или сменной. Это обеспечивает совместно с микро-

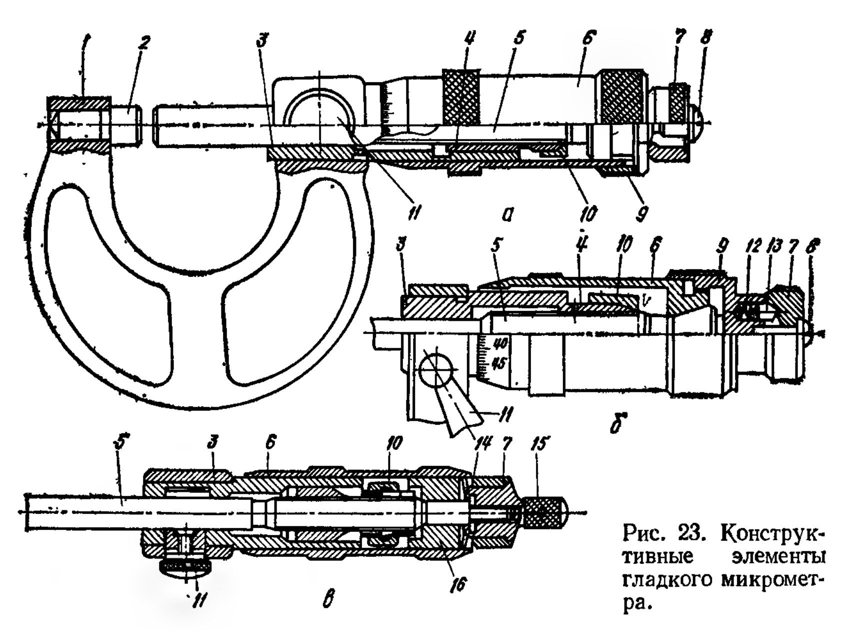


Рис. 23. Конструктивные элементы гладкого микрометра.

винтом диапазон измерений 100 мм. С другой стороны в отверстие скобы запрессован стебель *3*. Микрометрический винт *5* перемещается по резьбе микрометрической гайки *4* и гладкой направляющей стебля. Передняя торцевая плоскость микрометрического винта образует вторую измерительную поверхность. Микрометрическая гайка, запрессованная в стебель, имеет продольные прорези (подобно цанге) и наружную коническую резьбу. В результате навинчивания регулировочной гайки *10* на цанговую часть микрометрической гайки *4* можно регулировать зазор в паре микровинт — микрогайка и компенсировать износ резьбы. Следует иметь в виду, что такая регулировка возможна только тогда, когда износ резьбы винта является равномерным по всей длине. Микрометрический винт имеет посадочную поверхность для барабана *6*, выполненную в виде либо цилиндрического пояска с буртиком (рис. 23, *а*) либо конуса (рис. 23, *б*), либо цилиндрической втулки *16* (рис. 23, *в*), напрессованной на тело микрометрического винта. В первом и втором случаях трещотка *9* навинчивается на барабан, в результате чего он удерживается на микрометрическом винте, в третьем — барабан закрепляется с помощью пружинного кольца *14* (рис. 23, *в*) при завинчивании гайки *15*.

Механизм трещотки, предназначенной для обеспечения постоянства измерительного усилия; состоит из тарированной пружины *12* (рис. 23, *б*), штифта со скосом *13*, кольца трещотки (храповика) *7* с зубцами на торце (или внутренней поверхности) и крепежного винта *8* трещотки.

Работа трещотки основана на том, что храповик *7* выходит из зацепления, когда сила трения между измерительной поверхностью микрометрического винта и измеряемой деталью будет превышать силу сцепления храповика *7* и штифта *13*. Сцепление храповика и штифта обеспечивается пружиной *12*, рассчитанной на передачу определенного крутящего момента. Когда такое усилие достигнуто, трещотка перестает

11. Характеристики микрометрических инструментов

Инструменты	Тип	Пределы измерений, мм	Пределы измерений по шкале отсчетного устройства, мм	Предел допускаемой погрешности показаний, мм	Измерительное усилие, Н	Назначение
Микрометры: гладкие (ГОСТ 6507—78)	МК	0—25; 25—50; 50—75; 75—100		±0,004	7±2	Измерение наружных размеров
		100—125; 125—150; 150—175; 175—200	0—25	±0,005		
		200—225; 225—250; 250—275; 275—300		±0,006		
		300—400; 400—500		±0,008		
		500—600		±0,010		
гладкие с плоскими вставками (ГОСТ 4380—78)	МВП	0—25	0—25	±0,005	7±2	Измерение наружных размеров деталей из мягких материалов — кожи, пластмассы, картона
листовые с циферблатом (ГОСТ 6507—78)	МЛ	0—5; 0—10; 0—25	0—5; 0—10; 0—25	±0,004	5±2	Измерение толщины листового материала
настольные горизонтальные и вертикальные	МГ; МВ	0—20; 0—10	0—10	±0,003	5±2	Измерение наружных размеров небольших деталей в при-

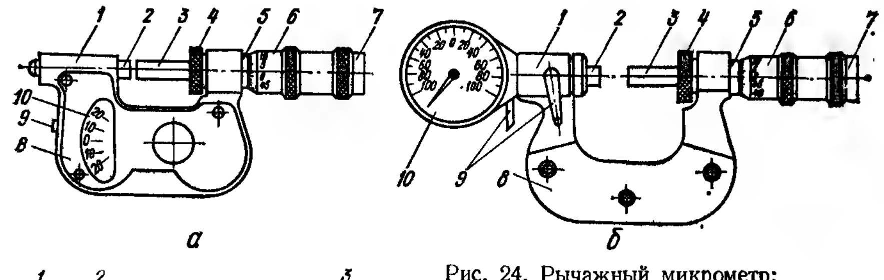
(ГОСТ 11195—74)						боростроительной и часовой промышленностях
настольные со стрелочным отсчетным устройством (ГОСТ 10388—81)	МН-1	0—10	±0,05	±0,002	0,5±0,2	То же
	МН-2				2±0,5	
рычажные со встроенным в корпус отсчетным устройством (ГОСТ 4381—80)	МР	0—25; 25—50; 50—75; 75—100	±0,14	±0,003	6±1	Измерение наружных размеров до 100 мм
рычажные, оснащенные отсчетным устройством (ГОСТ 4381—80)	МРИ	100—125; 125—150; 150—200	±0,1	±0,005	8±2	Измерение наружных размеров свыше 100 до 2000 мм
		200—250; 250—300; 300—400		±0,006		
		400—500 300—400 400—500 500—600	3	±0,007 ±0,007 ±0,008 ±0,010		
		600—700 700—800 800—900 900—1000	5	±0,012 ±0,014 ±0,016 ±0,018	10±2	
		1000—1200 1200—1400 1400—1600 1600—1800 1800—2000	10	±0,020 ±0,025 ±0,028 ±0,032 ±0,036		
трубные (ГОСТ 6507—78)	МТ	0—25	0—25	±0,004	5±2	Измерение толщины стенок труб с внутренним диаметром от 12 мм

Продолжение табл. 11

Инструменты	Тип	Пределы измерений, мм	Пределы измерений по шкале отсчетного устройства, мм	Предел допускаемой погрешности показаний, мм	Измерительное усилие, Н	Назначение
зубомерные (ГОСТ 6507—78)	МЗ	0—25; 25—50; 50—75; 75—100	0—25	±0,005	5±2	Контроль длины общей нормали зубчатых колес с модулем от 1 мм
резьбовые со вставками (ГОСТ 4380—78)	МВМ	0—25; 25—50	0—25	±0,015	7±2	Измерение среднего диаметра метрических (диапазон шагов 0,4—6 мм) и дюймовых (3—28 ниток на 1″) резьб
		50—75; 75—100		±0,020		
		100—125; 125—150; 150—175; 175—200		±0,025		
		200—225; 225—250; 250—275; 275—300; 300—325; 325—350		±0,035		
	МВТ	0—20	0—20	±0,015	7±2	Измерение среднего диаметра трапецеидальных резьб (диапазон шагов 2—12 мм)
		20—45	0—25	±0,020		
		45—70; 70—95				
		95—120; 120—145; 145—170; 170—195		±0,025		

		195—220; 220—245; 245—270; 270—295; 295—320; 320—345		±0,035		
Микрометрические глубиномеры (ГОСТ 7470—78)	ГМ	0—100	0—25	±0,005	5±2	Измерение глубины пазов и канавок, высоты уступов
		0—150		±0,006		
Микрометрические нутромеры (ГОСТ 10—75)	НМ	50—75; 75—175; 75—600	0—13	±0,004 (от 50 до 125); ±0,006 (от 125 до 200); ±0,008 (от 200 до 325); ±0,01 (от 325 до 500); ±0,015 (от 500 до 800); ±0,02 (от 800 до 1250)	—	Измерение внутренних размеров
		150—1250; 600—2500	0—25			
	НМИ	1250—4000		±(0,025—0,060)		
		2500—6000		±(0,05—0,09)		

Примечание. Цена деления микрометрических приборов типов МН-1 и МН-2 составляет 0,001 мм, МР и МРИ (с пределами измерения до 500 мм) — 0,002 мм, остальных — 0,01 мм.



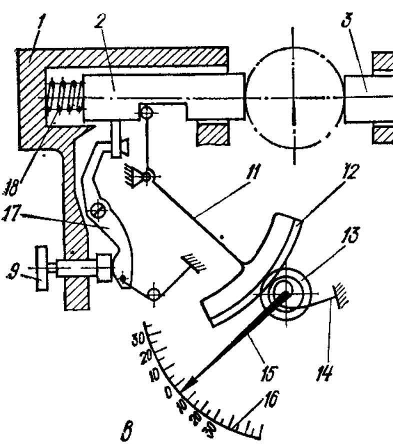


Рис. 24. Рычажный микрометр:

1 — скоба; *2* — подвижная пятка; *3* — микрометрический винт; *4* — стопор; *5* — стебель; *6* — барабан; *7* — установочная гайка-колпачок; *8* — теплоизоляционная накладка; *9* — арретир; *10* — отсчетное устройство; *11* — синусный рычаг; *12* — зубчатый сектор; *13* — триб; *14* — спиральная моментная пружина; *15* — стрелка; *16* — шкала; *17* — рычаг отвода подвижной пятки; *18* — пружина.

вращать микрометрический винт и начинает вращаться вхолостую, проскальзывая с характерным треском.

Для закрепления микрометрического винта в определенном положении предназначено стопорное устройство *11*, которое может быть выполнено в виде винтового, цангового или эксцентрикового зажима.

Рычажные микрометры, применяющиеся при измерениях с повышенной точностью отличаются от гладких тем, что вместо неподвижной измерительной пятки имеют рычажно-зубчатый измерительный механизм. В микрометрах типа МР он встроен в

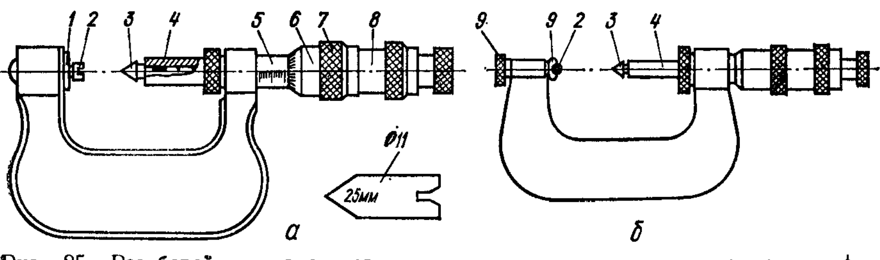


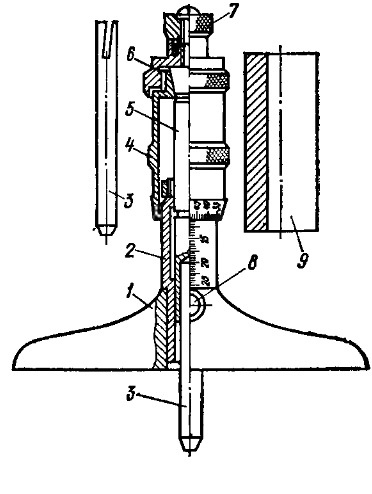
Рис. 25. Резьбовой микрометр со вставками.

корпус (рис. 24, *а*). Микрометры типа МРИ (рис. 24, *б*) оснащены рычажно-зубчатыми измерительными головками, которые в микрометрах с верхним пределом измерения до 150 мм крепятся непосредственно в скобе микрометра, а у остальных — в переставном стебле. Все микрометры с верхним пределом измерения выше 25 мм снабжены установочной мерой для настройки микрометров на нуль шкалы по нижнему пределу измерения.

Кинематическая схема рычажных микрометров со встроенным отсчетным устройством показана на рис. 24, *в*.

Рис. 26. Микрометрический глубиномер:

1 — основание; *2* — стебель; *3* — сменные измерительные стержни; *4* — барабан; *5* — микрометрический винт; *6* — корпус трещотки; *7* — трещотка; *8* — стопор; *9* — установочная мера.



Микрометрическая головка рычажного микрометра отличается от головки гладкого только отсутствием трещотки (постоянство измерительного усилия обеспечивается поджатием подвижной пятки пружиной).

Конструкция резьбового микрометра (рис. 25) отличается от конструкции гладкого тем, что торцы микрометрического винта *4* и пятки *1* имеют отверстия, в которые вставляются специальные сменные вставки. Призматические вставки *2* (по форме впадины резьбы) вставляются в отверстие пятки, конические *3* (по форме выступа резьбы) — в микрометрический винт. Вставки к микрометру (рис. 25, *в*) изготовляются парами, каждая из которых предназначена для измерения резьб определенного угла профиля и с определенным интервалом шага.

Для предохранения от выпадения хвостовики вставок имеют разрезные пружинящие концы. Поэтому вставки надежно удерживаются в отверстии, но могут поворачиваться в нем, ориентируясь по витку резьбы. Чтобы компенсировать изменение длины вставок, барабан изготовляется раздвижным: он состоит из двух частей *6* и *8*, стягиваемых специальной гайкой *7* (рис. 25, *а*). В другой конструкции (рис. 25, *б*) микрометры снащаются переставной пяткой *10*, закрепляемой в требуемом положении гайками *9*. Для проверки нулевого показания микрометра используется установочная мера *11*.

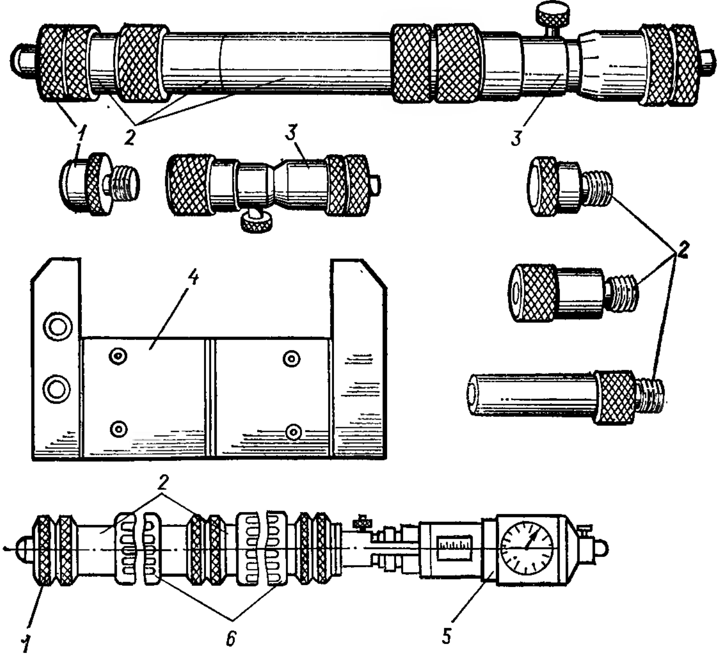


Рис. 27. Микрометрические нутромеры.

Конструкция микрометрического глубиномера показана на рис. 26. Ход винта микрометрической головки составляет, как и у микрометров, 25 мм. Сменные измерительные стержни глубиномеров позволяют производить измерения в пределах 0—25; 25—50; 50—75; 75—100; 100—125; 125—150 мм. Измерительные стержни разрезными пружинящими концами устанавливаются в цилиндрическое отверстие в нижнем конце микрометрического винта.

Микрометрический нутромер состоит из микрометрической головки *3*, комплекта удлинителей *2* и измерительных наконечников *1* (рис. 27). У нутромеров с верхним пределом измерения свыше 2500 мм микрометрическая головка *5* оснащается индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм, позволяющим облегчить процесс

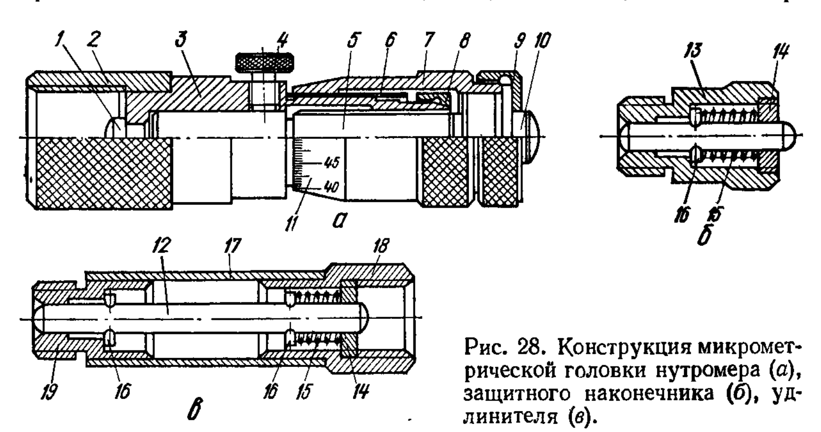


Рис. 28. Конструкция микрометрической головки нутромера (*а*), защитного наконечника (*б*), удлинителя (*в*).

измерения. На удлинителях размером 300 мм и более предусмотрены теплоизолирующие накладки *6*. В комплект нутромера входит также установочная мера *4*.

Микрометрическая головка нутромера (рис. 28, *а*) состоит из стебля *3*, в который запрессован измерительный наконечник *1*. На цилиндрическую часть стебля запрессована гильза *6* с продольной (основной) шкалой. Левая часть отверстия в стебле служит гладкой направляющей для цилиндрического хвостовика микрометрического винта *5*, перемещающегося в резьбовой части стебля микрометрической гайки. Зазоры в микрометрической паре регулируются в результате навинчивания регулировочной гайки *8* на разрезную часть стебля, имеющую наружную коническую резьбу. Барабан *7* насаживается на цилиндрическую часть микрометрического винта *5* до упора в буртик (с правой стороны) и соединяется с винтом затяжной гайкой *9*. Измерительные поверхности микрометрического винта *10* и измерительного наконечника *1* — сферические. На конусе барабана *7* нанесена круговая шкала *11*. Стопор *4* фиксирует микрометрический винт в требуемом положении.

В резьбу присоединительной муфты *2* ввинчиваются измерительный наконечник или удлинители, предназначенные для увеличения пределов измерения.

Измерительный наконечник (рис. 28, *б*) представляет собой стержень *12* со сферическими измерительными поверхностями, заключенный в корпус *13*. Пружина *15* отжимает стержень внутрь корпуса. Штифт *16* и гайка *14* предохраняют стержень от выпадания из корпуса.

Удлинитель (рис. 28, *в*) — это тот же стержень *12* со сферическими измерительными поверхностями, но только заключенный в трубку *17*. На концах трубки посажены муфты с наружной *19* и внутренней *18* резьбой. Пружина *15* отжимает стержень внутрь трубки, благодаря чему его измерительные поверхности защищаются от повреждения. Штифты *16* и гайка *14* предохраняют стержень от выпадения из трубки.

При свинчивании удлинителя с микрометрической головкой наконечник головки выталкивает стержень из муфты. При этом измерительные поверхности удлинителя и микрометрической головки соприкасаются под постоянным усилием, зависящем от жесткости пружины. Поскольку касание микрометрической головки с удлиинителем и удлинителей между собой происходит по сферическим поверхностям, неточности резьбы, по которой происходит соединение, не влияют на результаты измерения.

Порядок измерений

Гладкий микрометр. Перед измерением проверяется плавность хода микрометрического винта (перемещение должно быть плавным и без заедания) и правильность нулевого показания инструмента.

Проверка нулевого показания микрометра. Измерительные поверхности микрометрического винта и пятки необходимо соединить усилием трещотки (3—4 щелчка) непосредственно между собой (при пределах измерения 0—25 мм) или при помощи установочной меры (при пределах измерения 50 мм и более); при этом нулевой штрих барабана должен совпадать с продольным штрихом стебля, а скос барабана должен открывать первый штрих шкалы стебля (рис. 29).

Микрометр с верхним пределом диапазона измерений свыше 300 мм перед проверкой нулевого показания устанавливается в необходимое положение переставной пяткой, причем в случае использования первой и третьей четвертей пределов измерений микрометра установка на нуль производится по конечному штриху шкалы стебля, а при использовании второй и четвертой — по начальному штриху. Для установки переставной пятки нулевой штрих барабана микрометра совмещается с соответствующим штрихом шкалы стебля; микрометрический винт закрепляется стопором; установочная мера помещается между измерительными поверхностями микрометра и пяткой.

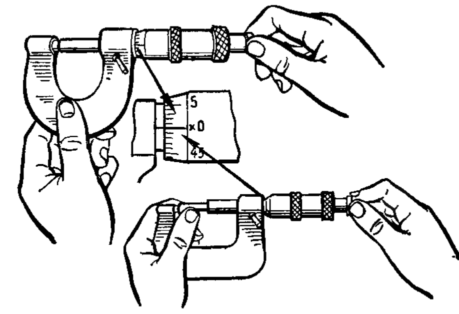


Рис. 29. Проверка нулевого показания микрометра.

При проверке нулевого показания необходимо следить за тем, чтобы установочная мера была зажата между измерительными поверхностями без перекоса; торцевые поверхности установочной меры должны быть протерты чистой мягкой салфеткой.

Если показания микрометра неправильны — нулевой штрих барабана не совпадает с продольным штрихом стебля — его нужно отрегулировать: следует закрепить стопором микрометрический винт, приведенный в соприкосновение с установочной мерой под воздействием трещотки (рис. 30, *а*), придерживая левой рукой барабан, разъединить его с микрометрическим винтом (рис. 30, *б*) и отвернуть корпус трещотки на $^1/_3$—$^1/_2$ оборота (не следует отворачивать корпус трещотки совсем), а у микрометров с конической посадочной поверхностью для барабана отжать его по оси микрометрического винта; поворотом барабана нулевой штрих круговой шкалы совместить с продольным штрихом стебля (рис. 30, *в*), при этом начальный штрих шкалы стебля должен быть виден целиком, но расстояние от торца конической части барабана до ближайшего края штриха не должно превышать 0,15 мм. После этого барабан закрепляется завинчиванием корпуса трещотки, стопор отжимается и производится проверка нулевого показания. При необходимости регулировка повторяется.

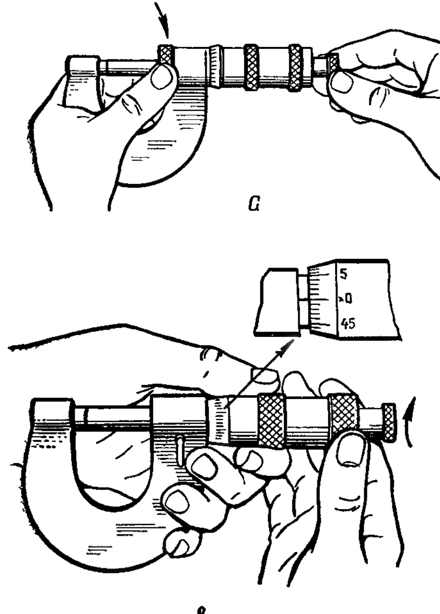
Последовательность действий при измерении. Микрометр следует взять за скобу левой рукой и, вращая правой рукой барабан против часовой стрелки, развести измерительные поверхности микрометра на размер немного больше, чем размер измеряемой детали. Затем поместить деталь между пяткой скобы и торцом микрометрического винта, слегка прижать пятку к измеряемой поверхности и, плавно вращая трещотку большим и указательным пальцами правой руки по часовой стрелке, довести микрометрический винт до соприкосновения с измеряемой деталью пока послышится характерный звук пощелкивания механизма трещотки (3—4 щелчка). Проверить покачиванием правильное положение измерительных поверхностей инструмента относительно детали (отсутствие перекоса), зафиксировать положение микрометрического винта стопором и прочесть показание микрометра.

Приемы измерений. При измерении микрометром деталей, закрепленных на станке, в приспособлеиии, в тисках или же установленных в призме, на столе следует найти наиболее удобное положение для измерения. Важно, чтобы при зажатии измерительными поверхностями инструмента деталь не сдвигалась. Микрометр следует держать свободно, без напряжения в руках и таким образом, чтобы не было перекоса

измерительных поверхностей инструмента по отношению к измеряемым поверхностям детали.

При этом следует стремиться к тому, чтобы шкала стебля была со стороны измеряющего, т. е. инструмент устанавливать на детали так, чтобы хорошо была видна шкала и отсчет можно было сделать, не снимая микрометр с детали.

Если при измерении конфигурация детали не позволяет прочесть показания по инструменту, установленному на детали, то необходимо закрепить стопором микрометрический винт в момент начала его контакта с измеряемой деталью, осторожно



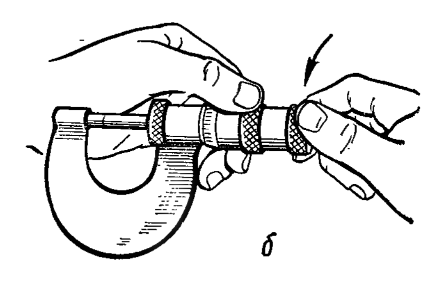


Рис. 30. Установка микрометра в нулевое положение.

снять микрометр и затем определить показания. Микрометр при снятии с детали следует держать только за скобу.

На рис. 31 показаны правильные приемы измерения микрометром различных деталей.

При измерении деталей, закрепленных в приспособлениях или установленных на призме, при горизонтальном положении оси микрометра (рис. 31, *а*, *б*, *г*) левой рукой поддерживают скобу посередине, слегка прижимая пятку к проверяемой поверхности.

В случае измерения деталей при вертикальном положении оси микрометра (рис. 31, *в*) левая рука должна поддерживать скобу снизу около пятки, чтобы масса микрометра воспринималась этой рукой, и слегка прижимать пятку к проверяемой поверхности детали.

При измерении микрометром, закрепленным в стойке (рис. 31, *д*), левая рука должна находиться за скобой и захватывать деталь недалеко от микрометрического винта, слегка прижимая деталь к пятке. Такой прием измерения рекомендуется для деталей малых размеров. Скобу микрометра рекомендуется закреплять в стойке под углом 40—50°, так как это положение обеспечивает хорошую видимость шкалы стебля и удобство отсчета показаний.

При измерении незакрепленных деталей их лучше всего устанавливать на какое-либо основание. Цилиндрические детали, например, рекомендуется укладывать на призму (рис. 31, *г*).

Для получения более точных результатов рекомендуется производить измерения в двух взаимно перпендикулярных плоскостях одного и того же сечения, а также в нескольких сечениях вдоль оси детали.

Отсчет показаний. При отсчете показаний микрометр следует держать прямо перед глазами, чтобы избежать искажений результатов измерений.

Примеры отсчета показаний приведены на рис. 32.

Отсчет показаний производится следующим образом. Число целых и половин миллиметров отсчитывается по основной шкале на стебле краем скоса барабана. Номер деления шкалы барабана, располагающегося против продольного штриха стебля, определяет число сотых и десятых миллиметра. Показания основной шкалы и шкалы барабана суммируются. Особого внимания требует отсчет размеров, в которых чис-

ло сотых близко к 0 или 50. В итоге неправильного отсчета ошибка будет в полмиллиметра. Чтобы избежать подобной ошибки нужно исходить из следующего. Штрих на основной шкале (шкале стебля) учитывается в том случае, когда он вышел полностью из-под скоса барабана и имеется хоть и небольшой, но зазор с краем скоса.

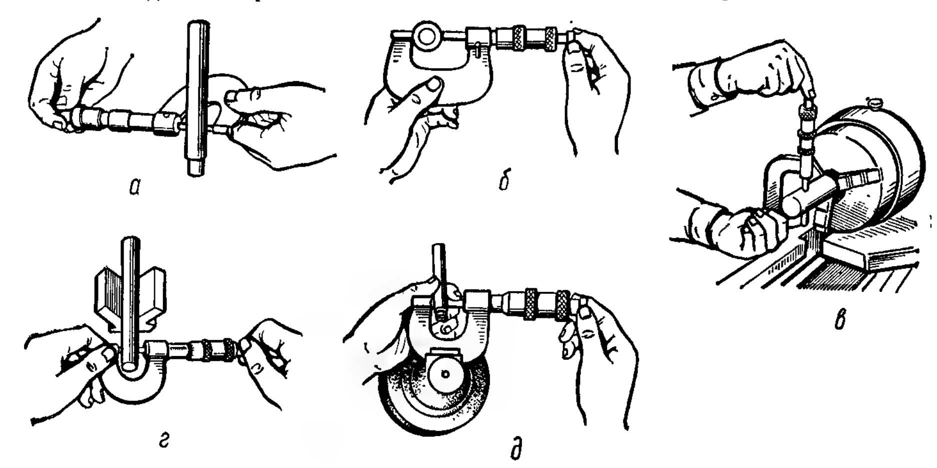


Рис. 31. Приемы правильного измерения микрометром деталей.

Можно дать следующую рекомендацию, облегчающую выполнение отсчета. Штрих на шкале стебля учитывается тогда, когда нуль шкалы барабана перейдет за продольный штрих шкалы стебля при вращении барабана на измеряющего (номера штрихов шкалы барабана увеличиваются при его вращении на измеряющего). Если этого перехода не будет, соответствующее деление на основной шкале не учитывается, хотя уже данный штрих виден.

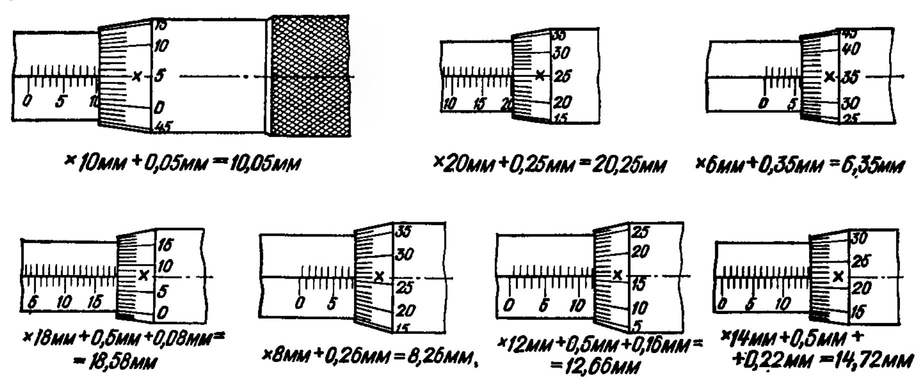


Рис. 32. Примеры отсчета показаний на микрометре.

В тех случаях, когда ни один из штрихов барабана не совпадает с продольным штрихом стебля, считается ближайшнй к этому штриху штрих барабана.

Рычажный микрометр. Измерения выполняются как абсолютным, так и относительным методами.

Перед выполнением измерений абсолютным методом проверяется правильность нулевого показания инструмента. Барабан микрометрической головки медленно вращается, пока стрелка отсчетного устройства установится на нуль (рис. 33). При этом микрометрическая головка должна быть в нулевом положении, т. е. нулевой штрих барабана должен совпадать с продольным штрихом стебля, а скос барабаиа должен

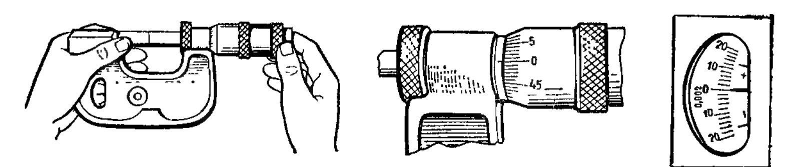


Рис. 33. Проверка нулевого показания рычажного микрометра.

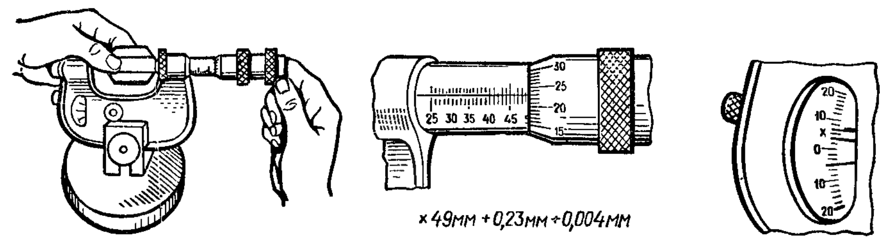


Рис. 34. Измерение рычажным микрометром абсолютным методом и отсчет показаний.

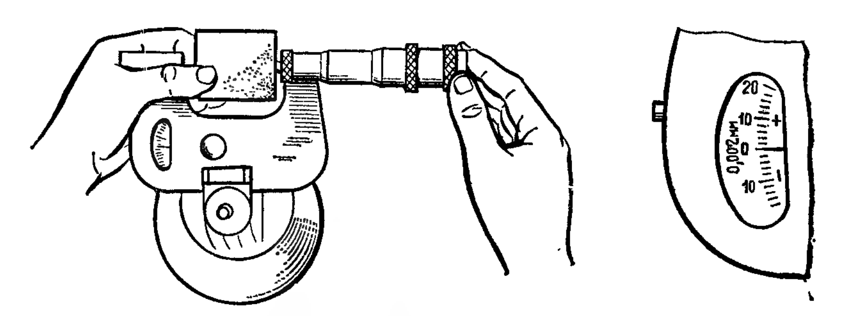


Рис. 35. Настройка рычажного микрометра на ноль по блоку концевых мер.

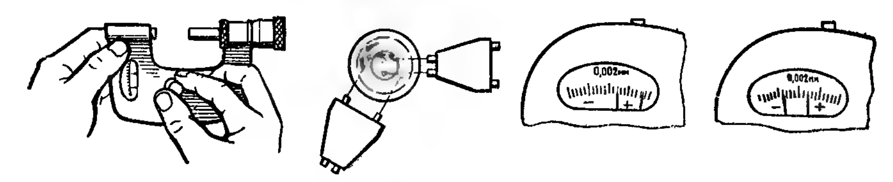


Рис. 36. Установка указателей пределов поля допуска.

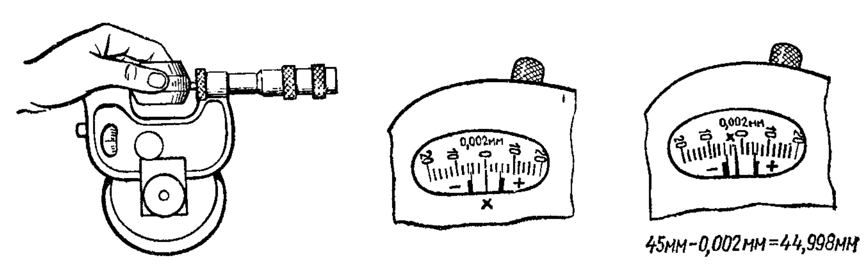


Рис. 37. Измерение рычажным микрометром относительным методом и отсчет показаний.

открывать первый штрих стебля. Если показания микрометра неправильны, следует закрепить микрометрический винт стопором и произвести совмещение нулевого штриха шкалы барабана с продольным штрихом. Для этого отпустить установочную гайку-колпачок *7* (см. рис. 24), развернуть барабан относительно посадочного места (предварительно отжав по оси микрометрического винта барабан) до нужного положения и закрепить барабан гайкой-колпачком.

При измерении деталь устанавливается между измерительными поверхностями пятки и микрометрического винта. Затем барабан микрометрической головки медленно поворачивается до соприкосновения поверхности пятки и микрометрического винта с поверхностью детали и до появления стрелки отсчетного устройства в поле шкалы. После этого, слегка покачав деталь (при измерении микрометром, закрепленным в стойке) или инструмент (при измерении закрепленной детали), чтобы установить правильное положение измерительных поверхностей инструмента относительно поверхности детали, следует повернуть барабан в том же направлении до совпадения одного из штрихов круговой шкалы барабана точно с продольным штрихом стебля (рис. 34).

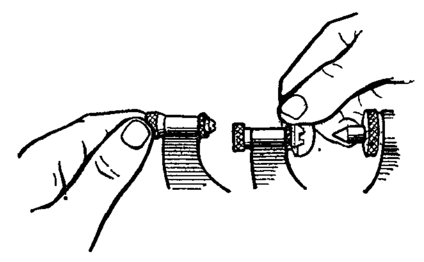


Рис. 38. Перемещение пятки с призматической вставкой.

Отсчет показаний до сотых долей миллиметра ведется так же, как по гладкому микрометру (показание шкалы стебля плюс показание шкалы барабана), а тысячные доли миллиметра прибавляются или вычитаются по показаниям шкалы отсчетного устройства. Следовательно, размер при измерении абсолютным методом определяется суммой показаний микрометрической головки и отсчетного устройства.

При выполнении измерений относительным методом рычажный микрометр настраивается по блоку концевых мер требуемого размера (рис. 35). Вращением барабана микрометрический винт приводится в соприкосновение с поверхностью меры так, чтобы стрелка отсчетного устройства установилась на нуль. После стопорения микрометрического винта удаляется блок концевых мер, для чего арретиром отводится подвижная пятка. При измерении партии деталей устанавливаются указатели пределов поля допуска (рис. 36).

Измеряемая деталь вводится между измерительными поверхностями микрометра (арретиром отводится подвижная пятка), устраняются перекосы путем перемещения или покачивания детали относительно измерительных поверхностей инструмента, определяются отклонения по шкале отсчетного устройства (рис. 37) и подсчитывается действительный размер детали как сумма размера блока мер и показаний отсчетного устройства.

Резьбовой микрометр. При подготовке микрометра к работе необходимо выбрать вставки в соответствии с шагом резьбы контролируемой детали (по маркировке и таблице, имеющейся в футляре прибора). Призматическая вставка устанавливается в отверстие пятки, а коническая — в отверстие микрометрического винта (рис. 25).

Затем проверяется плавность хода микрометрического винта и правильность нулевого показания инструмента. При установке микрометра в нулевое положение коническая вставка вращением трещотки подводится до соприкосновения с призматической вставкой (при пределах измерения 0—25 мм) или установочной мерой. Микрометрический винт закрепляется стопором. Правильное положение края барабана относительно начального штриха шкалы стебля (край скоса барабана не должен перекрывать начальный штрих шкалы стебля и отстоять от него более чем на 0,15 мм) устанавливается в результате отвинчивания гайки *7* и перестановки передней части барабана *6* (рис. 25, *а*). Перед этим вращением микрометрического винта микрометрическая головка выставляется на нуль (рис. 25, *б*). Пятка с призматической вставкой перемещается до контактирования с конусной вставкой (при пределах измерения 0—25 мм) или с установочной мерой. Перемещение пятки производится при помощи гаек, расположенных с обеих сторон пятки (рис. 38).

Отвинтив гайку, находящуюся с левой стороны пятки, и завинтив другую гайку, пятку можно приблизить к микрометрическому винту и наоборот. После соприкосновения вставок непосредственно между собой или с установочной мерой микромет-

рический винт следует отвести и проверить установку микрометра в нулевое положение (рис. 39).

Если установка произведена неточно, то окончательно она корректируется повторным перемещением пятки или установкой барабана микрометрической головки (как у гладкого микрометра).

При измерении среднего диаметра резьбы призматическая вставка ставится на выступ профиля резьбы, а коническая — вращением трещотки вводится во впадину резьбы так, чтобы микрометр располагался перпендикулярно к оси резьбы (рис. 40).

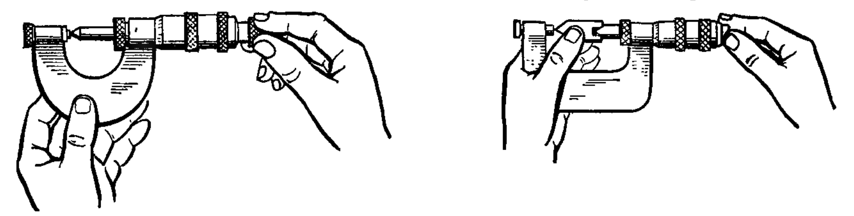


Рис. 39. Проверка нулевого показания микрометра.

После того как вставки вошли в соприкосновение с поверхностью резьбы, стопором закрепляется микрометрический винт (при необходимости) и производится отсчет показаний так же, как на гладком микрометре (см. рис. 32).

Точность измерения резьбовым микрометром сравнительно невысока. Погрешность измерения составляет 25—200 мкм.

Микрометрический глубиномер. При проверке нулевого показания (пределы измерения прибора 0—25 мм) основание глубиномера необходимо плотно прижать к плоскости поверочной плиты (рис. 41, *а*) или (верхний предел измерения 50 мм и более) к опорной плоскости установочной меры, находящейся на поверочной плите (рис. 41, *б*). Вращением микрометрического винта за трещотку торец измерительного стержня доводится до контакта с плоскостью поверочной плиты. Размеры установочных мер: 25; 75 и 125 мм.

Рис. 40. Измерение среднего диаметра резьбы резьбовым микрометром.



Совмещение нулевого штриха круговой шкалы на барабане с продольным штрихом стебля производится как и у гладкого микрометра.

При измерении основание глубиномера прижимается левой рукой к верхней поверхности детали (рис. 41, *в*), а правой рукой с помощью трещотки доводится измерительный стержень до соприкосновения с другой поверхностью детали. Микрометрический винт вращается трещоткой, пока она не сделает 3—4 щелчка. После этого следует закрепить микрометрический винт стопором и прочесть показания.

При отсчете показаний необходимо иметь в виду, что у глубиномера по сравнению с микрометром цифры на шкале стебля и барабана указаны в обратном порядке, на стебле цифры увеличиваются справа налево, т. е. по направлению к основанию, а на барабане — по часовой стрелке (рис. 41, *г*).

Микрометрический нутромер. Правильность нулевого показания проверяется по установочной мере — скобе или по блоку концевых мер с боковичками (рис. 42). Размеры *L* и допустимые погрешности установочных мер указаны в табл. 12.

Для проверки установочная мера *1* прикрепляется винтом вертикально к стенке футляра *3*. Микрометрическая головка *4* соединяется с измерительным наконечником *2*. Собранный нутромер для проверки нулевой установки помещается между измерительными поверхностями установочной меры.

Прижимая измерительный стержень наконечника левой рукой к нижней рабочей поверхности меры, правой рукой покачивая верхнюю часть микрометрической головки и одновременно вращая барабан, необходимо довести микрометрический винт до соприкосновения со второй измерительной поверхностью меры (найти при этом

кратчайшее расстояние между губками установочной меры). Измерительные поверхности нутромера должны при прекращении вращения барабана с легким трением касаться рабочих поверхностей меры. При этом нулевой штрих барабана должен совпадать с продольным штрихом стебля, край скоса барабана не должен перекрывать начальный штрих шкалы стебля и отстоять от его края более чем на 0,1 мм. Если штрихи не совпадают, то микрометрическую головку следует отрегулировать так же, как и гладкого микрометра.

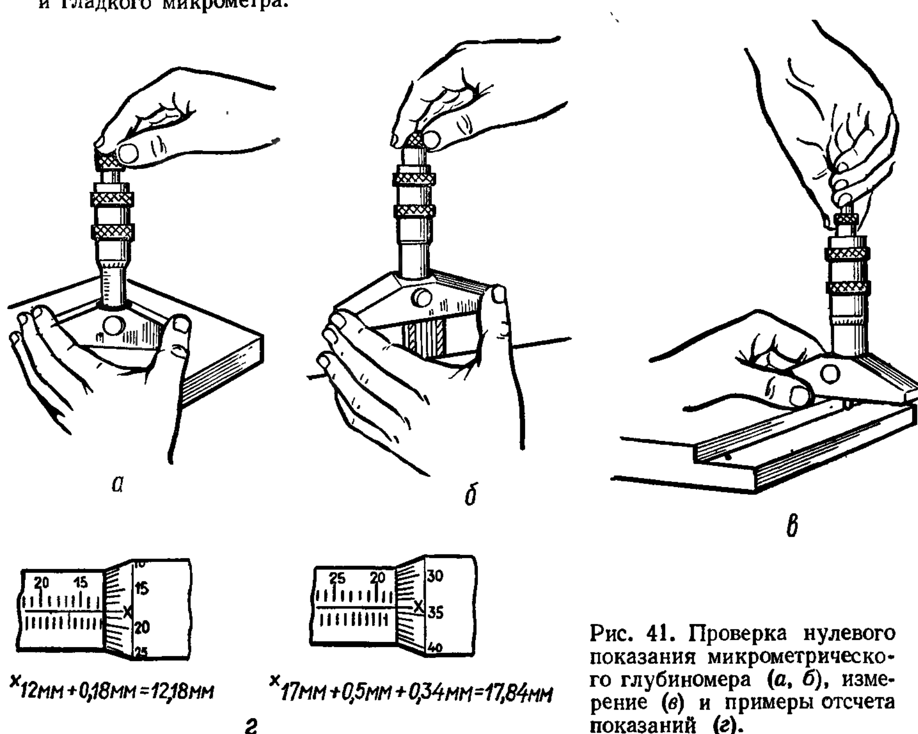


Рис. 41. Проверка нулевого показания микрометрического глубиномера (*а*, *б*), измерение (*в*) и примеры отсчета показаний (*г*).

После установки микрометрической головки с наконечником на нуль вывернуть наконечник из муфты микрометрической головки, соединить подобранные удлинители с микрометрической головкой и наконечником.

Для выбора удлинителей от проверяемого размера отнимается нижний предел измерения микрометрической головки с наконечником. Затем выбираются удлинители по размерам с таким расчетом, чтобы количество их было наименьшим (от большего к меньшему). Сумма нижнего предела измерения микрометрической головки с наконечником и удлинителей должна быть меньше требуемого размера, но не более чем на разность между пределами измерения микрометрической головки.

При соединении удлинителей следует к микрометрической головке присоединять самый длинный, а к нему в убывающем порядке—остальные. Такая последовательность крепления дает наименьшее искривление оси набора и поэтому наименьшую погрешность измерения. При соединении отдельных узлов нутромера необходимо плотно затягивать контактирующие торцы, не допуская относительной качки.

Измерение диаметра отверстий нутромером производится следующим образом. Нутромер ориентировочно устанавливается на заданный размер и вводится в отверстие. Установив и прижав один наконечник нутромера левой рукой к какой-либо точке отверстия, а затем вращая барабан головки правой рукой, добиваются соприкосновения второго измерительного наконечника с противоположной точкой отверстия. Правильное положение нутромера находится путем легкого покачивания в поперечном и осевом направлениях одновременно с вращением барабана (рис. 43) при контак-

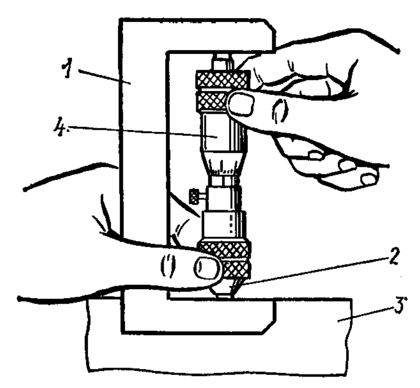
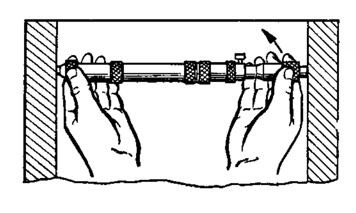


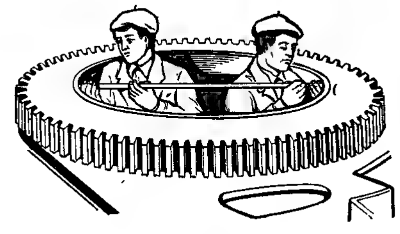
Рис. 42. Проверка нулевого показания микрометрического нутромера.

12. Размеры L и допускаемые погрешности установочных мер

Нижний предел измерений нутромера, мм	L, мм	Предел допустимой погрешности, мкм
50	63	±1,5
75	75	±1,5
150	150	±3
600	150	±3
1250	350	±6
2500	350	±6

тировании измерительных поверхностей и детали с легким трением без нажима. Как только пальцы начинают скользить по накатке барабана, вращение необходимо прекратить. Центр качания должен располагаться в точке касания сферической измерительной поверхности стержня наконечника с поверхностью детали.





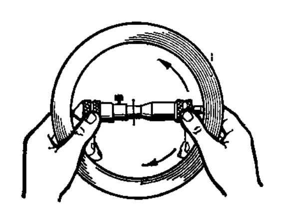


Рис. 43. Приемы измерения отверстий микрометрическим нутромером.

При измерении цилиндрического отверстия линия измерения должна быть наибольшим размером в плоскости, перпендикулярной к оси отверстия, и наименьшим — в плоскости, проходящей через ось.

При измерении расстояния между параллельными плоскостями правильное положение измерительных поверхностей (отсутствие перекоса) соответствует наименьшему показанию.

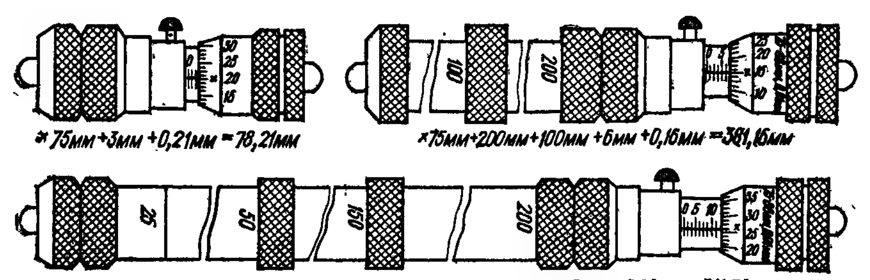


Рис. 44. Отсчет показаний на микрометрическом нутромере.

Показания микрометрического нутромера читаются так: к наименьшему предельному размеру микрометрической головки прибавляются показания на стебле (целые миллиметры отсчитываются краем скоса барабана по верхней шкале стебля, полумиллиметры — по нижней), затем показания круговой шкалы (по порядковому номеру штриха барабана, совпадающего с продольным штрихом стебля) и размеры удлинителей (рис. 44).

Глава IV

РЫЧАЖНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ

Зубчатые измерительные головки (индикаторы часового типа)

Конструкция индикатора часового типа показана на рис. 45, *а*; кинематическая схема представлена на рис. 45, *б*. В табл. 13 приведены характеристики основных моделей индикаторов часового типа.

Принцип действия индикатора состоит в следующем (рис. 45, *а*). Измерительный стержень *2* с измерительным наконечником *1* перемещается в процессе измерения в направляющей втулке *6* и гильзе *3*, запрессованных в корпус *7*. На стержне нарезана зубчатая рейка *20*, которая поворачивает триб *12* ($z = 16$). Трибом в приборостроении называют зубчатое колесо с числом зубьев $z \leqslant 18$. Зубчатое колесо *11* ($z = 100$), установленное на одной оси с трибом *12*, передает вращение трибу *13* ($z = 10$), на оси которого закреплена основная стрелка *10* (для отсчета сотых долей миллиметра). Весь измерительный механизм собран на плате *24* с помощью мостов *23* на колонках *22*.

Кинематическое замыкание измерительной цепи индикатора обеспечивается спиральной пружиной *15*, устраняющей мертвый ход в зубчатой передаче. Пружина одним концом закреплена на оси зубчатого колеса *14*, находящегося в зацеплении с трибом *13*, а другим — на плате *24*. На оси колеса *14* установлена стрелка-счетчик оборотов основной стрелки. Измерительное усилие создается пружиной *16*. Ободок *18* со шкалой *17* и стеклом *8* крепится к корпусу индикатора *7* специальной пружиной *4*. Для установки стрелки *10* на ноль ободок может поворачиваться вместе со шкалой относительно корпуса. Стекло *8* крепится пружинным кольцом *9*. Штифт *25* входит в продольный паз корпуса и исключает возможность поворота измерительного стержня. Крайнее положение измерительного стержня ограничивается накладкой *5*, закрепленной на измерительном стержне. Стопор шкалы *21* закрепляет ее в нужном положении и тем самым предохраняет от случайного поворота. Головка *19* предназначена для отвода измерительного стержня при установке детали под измерительный наконечник.

Рычажно-зубчатые индикаторы бокового действия

Для всех моделей индикаторов этого типа характерно наличие поворотного измерительного рычага со сферическим контактным элементом.

Индикаторы изготовляются следующих типов: ГИРБ и ИРБ — боковые со шкалами, параллельными оси измерительного рычага в среднем положении; ИРТ — торцовые со шкалами, перпендикулярными к оси измерительного рычага в среднем положении. В табл. 13 приведены их характеристики.

Конструкция рычажно-зубчатого индикатора ИРБ показана на рис. 46, *а*, кинематическая схема — на рис. 46, *б*.

В корпусе *1* и крышке *14* в опорах *24* на оси *23* установлен измерительный наконечник *25*, связанный фрикционной передачей, состоящей из пружины *21* и шайбы *22*, с зубчатым сектором *20*. Вращение сектора передается через зубчатое колесо *16* и торцевое зубчатое колесо *15* на триб *9*, на оси которого установлена стрелка *11*. Зубчатый механизм собран в платах *3* и *6*, соединенных колонками *8*. На оси триба *9* установлена спиральная моментная пружина *10*. В ободке *2* установлена шкала

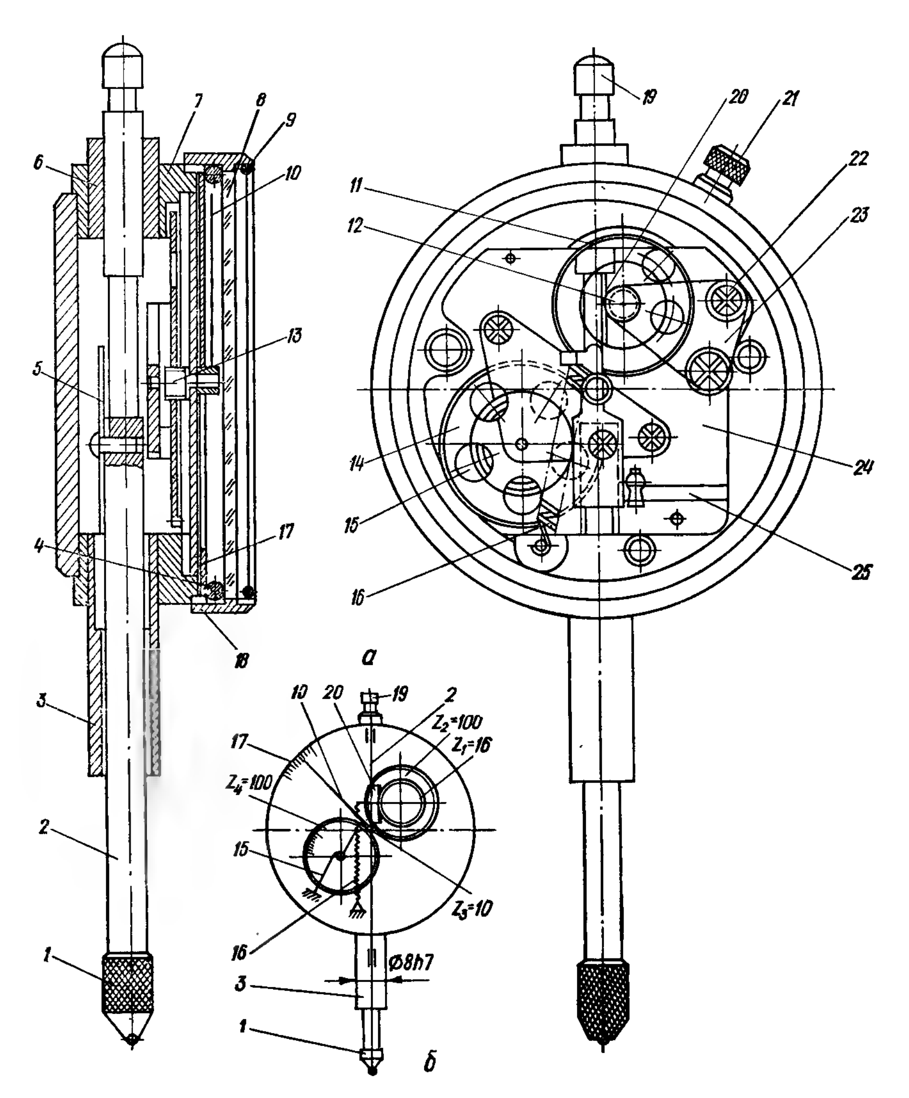


Рис. 45. Конструкция (*а*) и кинематическая схема (*б*) индикатора часового типа.

индикатора *7*, закрытая защитным стеклом *5* с пружинным кольцом *4*. Ободок может поворачиваться относительно корпуса индикатора, удерживаясь на нем фигурной пружиной *12*.

Измерительное усилие обеспечивается пружиной *18*, закрепленной в оси *17*. Изменить направление действия измерительного усилия и тем самым направление измерения можно поворотом рычага *19*. Измерительный наконечник может разворачиваться относительно корпуса прибора, что позволяет использовать его при измерении труднодоступных поверхностей. Для зажима в кронштейне стойки или в приспособлении индикатор снабжен зажимным стержнем *13*.

Малые габариты и малое измерительное усилие позволяют применять индикаторы данного типа для измерения в труднодоступных местах, когда требуется малое измерительное усилие.

18. Характеристики измерительных головок

Приборы	Тип	Цена деления, мкм	Пределы измерений, мм	Допускаемая погрешность показаний, мкм, в пределах: диапазона измерения	нормированного участка	Измерительное усилие, не более, Н
Индикаторы часового типа (ГОСТ 577—68)	ИЧ 10	10	0—10	класс точности 15/20	4/6	2
	ИЧ 5; ИЧ 5Р		0—5	12/16	4/6	
	ИЧ 2		0—2	10/12	4/6	1,5
	ИТ 2 (торцевые)		0—2	10/12	4/6	
рычажно-зубчатые (ГОСТ 5584—75)	ИРБ; ИРТ		0,8	10/10	5/5	0,3
многооборотные (ГОСТ 9696—82)	1 МИГ 2 МИГ	1 2	0—1 0—2	2,5 5	2 3	2
Головки измерительные: рычажно-зубчатые бокового действия (ГОСТ 16924—71)	ГИРБ2—30 ГИРБ2—60	2	0—0,16	4	2	0,3 0,6
рычажно-зубчатые (ГОСТ 18833—73)	1 ИГ 2 ИГ	1 2	±0,05 ±0,10	±0,7 ±1,2	±0,4 ±0,8	1
пружинные (микрокаторы) (ГОСТ 6933—81)	01 ИГП 01 ИГПУ 01 ИГПР	0,1	±0,004	0,15	0,1	1,5 0,5 0,4—1,5
	02 ИГП 02 ИГПУ 02 ИГПР	0,2	±0,006	0,2	0,15	1,5 0,5 0,4—1,5
	05 ИГП 05 ИГПУ 05 ИГПР	0,5	±0,015	0,4	0,25	1,5 0,5 0,4—1,5
	1 ИГП 1 ИГПУ 1 ИГПР	1	±0,03	0,6	0,4	2 0,5 0,4—1,5
	2 ИГП 5 ИГП 10 ИГП	2 5 10	±0,06 ±0,150 ±0,30	1,2 3,0 5,0	0,8 2,0 3,0	2 3 3

Приборы	Тип	Цена деления, мкм	Пределы измерений, мм	Допускаемая погрешность показаний, мкм, в пределах		Измерительное усилие, не более, Н
				диапазона измерения	нормированного участка	
пружинные малогабаритные — микаторы (ГОСТ 14712—79Е)	02-ИПМ 02-ИПМУ	0,2	±0,01	0,3	0,15	1 0,5
	05-ИПМ 05-ИПМУ	0,5	±0,025	0,5	0,3	1,5 0,5
	1-ИПМ 1-ИПМУ	1	±0,05	1,0	0,5	1,5 0,5
рычажно-пружинные (минникаторы) (ГОСТ 14711—69)	ИРП с длинным наконечником	2	±0,08	2	1	0,2
	ИРП с коротким наконечником	1	±0,04	1	0,5	0,2

Примечание. В числителе приведена допускаемая погрешность показаний для индикаторов часового типа 0-го класса точности, в знаменателе — 1-го.

Рычажно-зубчатые измерительные головки

Характеристики рычажно-зубчатых измерительных однооборотных головок типа ИГ и многооборотных типа МИГ приведены в табл. 13.

На рис. 47, *а* показана конструкция рычажно-зубчатой измерительной головки типа ИГ, на рис. 47, *б* — ее кинематическая схема.

В корпусе головки *1* в платах *2* и *7* расположен измерительный механизм, состоящий из двухрычажной синусно-кулисной передачи и одноступенчатой зубчатой передачи. Измерительный стержень *17*, оснащенный измерительным наконечником *23*, перемещается в направляющей втулке (присоединительной гильзе) *16*, запрессованной в корпус *1*.

Перемещение измерительного стержня, на конце которого закреплена насадка *15*, передается малому плечу *18* синусно-кулисного рычага. Большое плечо *9* этого рычага передает движение рычагу *4*, который соединен с зубчатым сектором *5*, через штифт *3*, запрессованный в рычаге *4*. Зубчатый сектор *5*, перемещение которого ограничено упором *28*, вращает триб *27*. На его оси закреплена стрелка *21*.

Спиральная моментная пружина *8* создает кинематическое замыкание измерительной цепи, обеспечивая однопрофильное зацепление зубчатых колес и выбор зазоров во всех шарнирах рычажно-зубчатого механизма (устраняет мертвый ход в передаче).

Измерительное усилие создается двумя пружинами *13*, симметричное расположение которых по обе стороны измерительного стержня обеспечивает совпадение направления усилия с осью стержня.

Для возможности установки стрелки на нулевой штрих шкалы измерительный механизм, смонтированный в платах *2* и *7*, поворачивается в корпусе головки вокруг оси *26* и пружиной *6* прижимается через рычаг *12* к винту *14* установки механизма в нулевое положение.

Арретир *25* обеспечивает подъем измерительного стержня, упираясь в нижнюю часть насадки *15* измерительного стержня *17* через подпружиненный толкатель *24*.

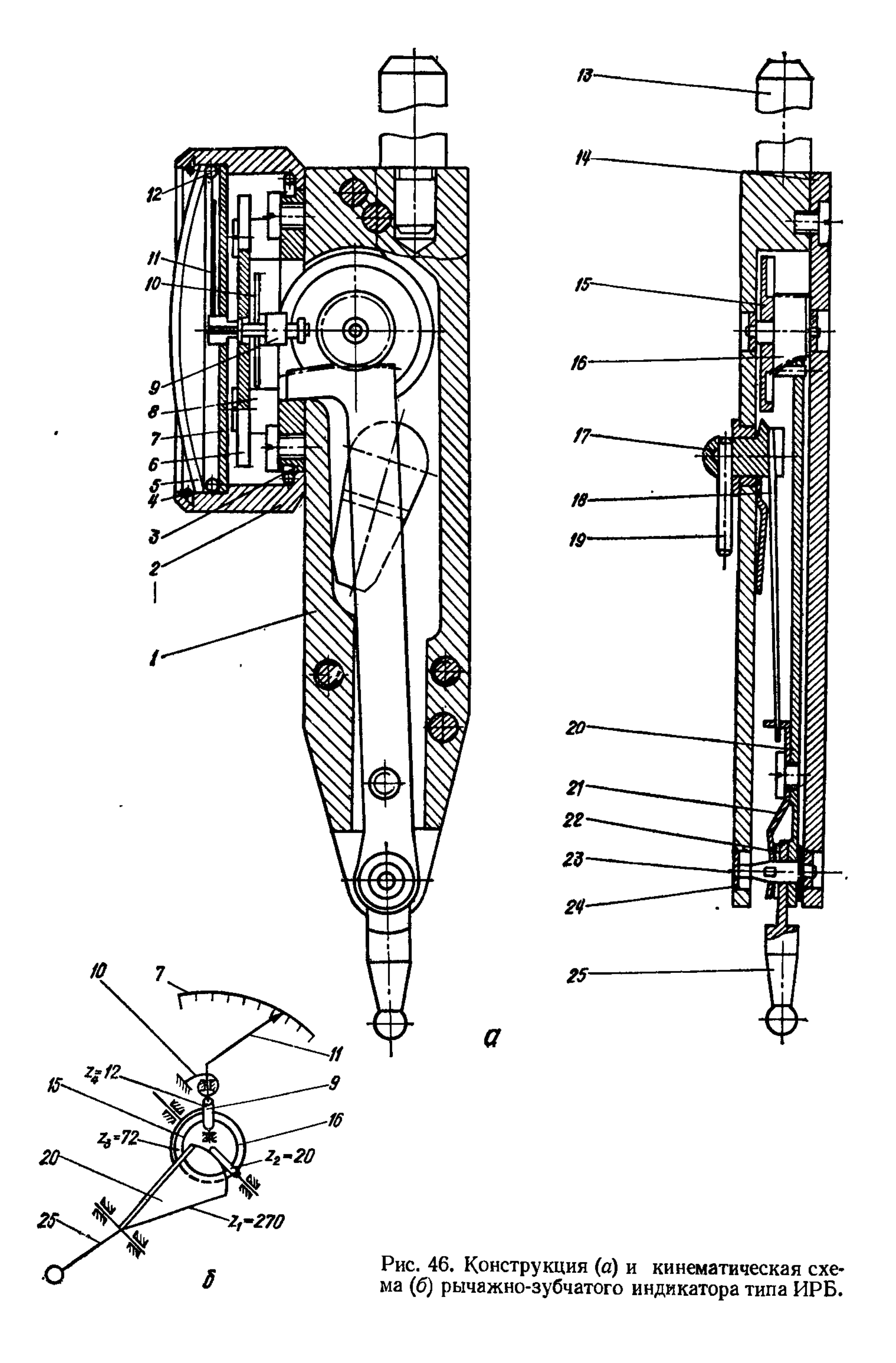


Рис. 46. Конструкция (*а*) и кинематическая схема (*б*) рычажно-зубчатого индикатора типа ИРБ.

Шкала *11* выполнена симметричной с нулевым штрихом посередине и закрыта защитным стеклом *20*, закрепленным на корпусе прибора штампованным ободком *22*. На ободке расположены два указателя *10* поля допуска детали, имеющие возможность перемещения относительно шкалы.

Для разгрузки механизма от измерительного усилия в нижнем положении стержня используется ограничительный винт *19*, ввернутый в корпус головки.

На рис. 48, *а* и *б* показаны соответственно конструкция и кинематическая схема многооборотного индикатора типа МИГ (многооборотной рычажно-зубчатой измерительной головки).

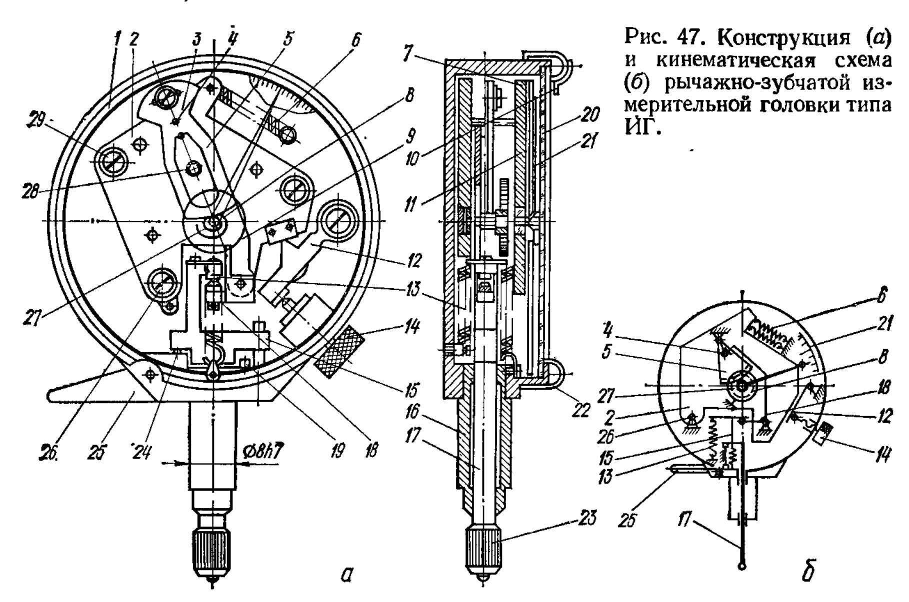


Рис. 47. Конструкция (*а*) и кинематическая схема (*б*) рычажно-зубчатой измерительной головки типа ИГ.

В корпусе *19* в платах *22* и *23* расположен измерительный механизм, состоящий из трехрычажного синусно-кулисного механизма и одноступенчатой зубчатой передачи. Измерительный стержень *18*, оснащенный измерительным наконечником *17*, перемещается в направляющей втулке (присоединительной гильзе) *29*, запрессованной в корпус *19*.

Перемещение измерительного стержня, на конце которого закреплена насадка *16*, передается малому плечу *1* синусно-кулисного рычага. Большое плечо этого рычага *4* передает движение зубчатому сектору *21* через два продольных штифта *9* и *10*, закрепленных на кулисной планке *12*, и поперечный штифт *11*, закрепленный на зубчатом секторе. Зубчатый сектор *21*, перемещение которого ограничено упором *13*, вращает триб *20* со стрелкой *24* на оси относительно шкалы *7*. Спиральная моментная пружина *6*, закрепленная на оси зубчатого колеса *5*, создает кинематическое замыкание измерительной цепи.

Измерительное усилие обеспечивается двумя пружинами *27*, симметрично расположенными по обе стороны измерительного стержня.

На оси колеса 5 установлена стрелка *25* счетчика оборотов основной стрелки. Оцифровка как большой, так и малой шкалы счетчика оборотов выполнена в двух цветах (черном — для прямого хода измерительного стержня, красном — для обратного).

Шкала *7* закрыта защитным стеклом *26*, закрепленным на корпусе прибора подпружиненным штампованным ободком *28*.

Для возможности установки стрелки *24* на нулевой штрих шкалы *7* измерительный механизм поворачивается в корпусе головки вокруг оси *3* и пружиной *8* прижимается через рычаг *14* к винту установки механизма в нулевое положение *15*. Арретир *2* обеспечивает подьем измерительного стержня.

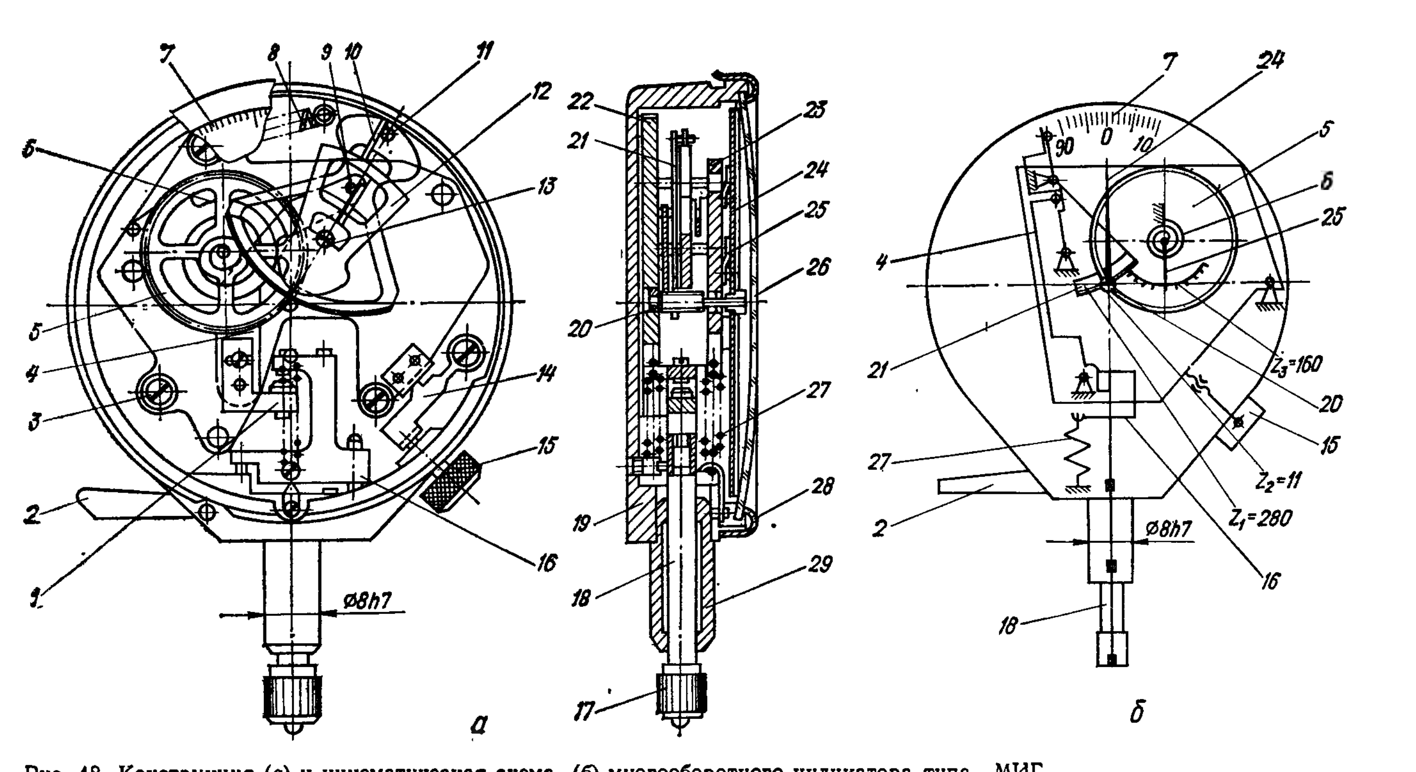
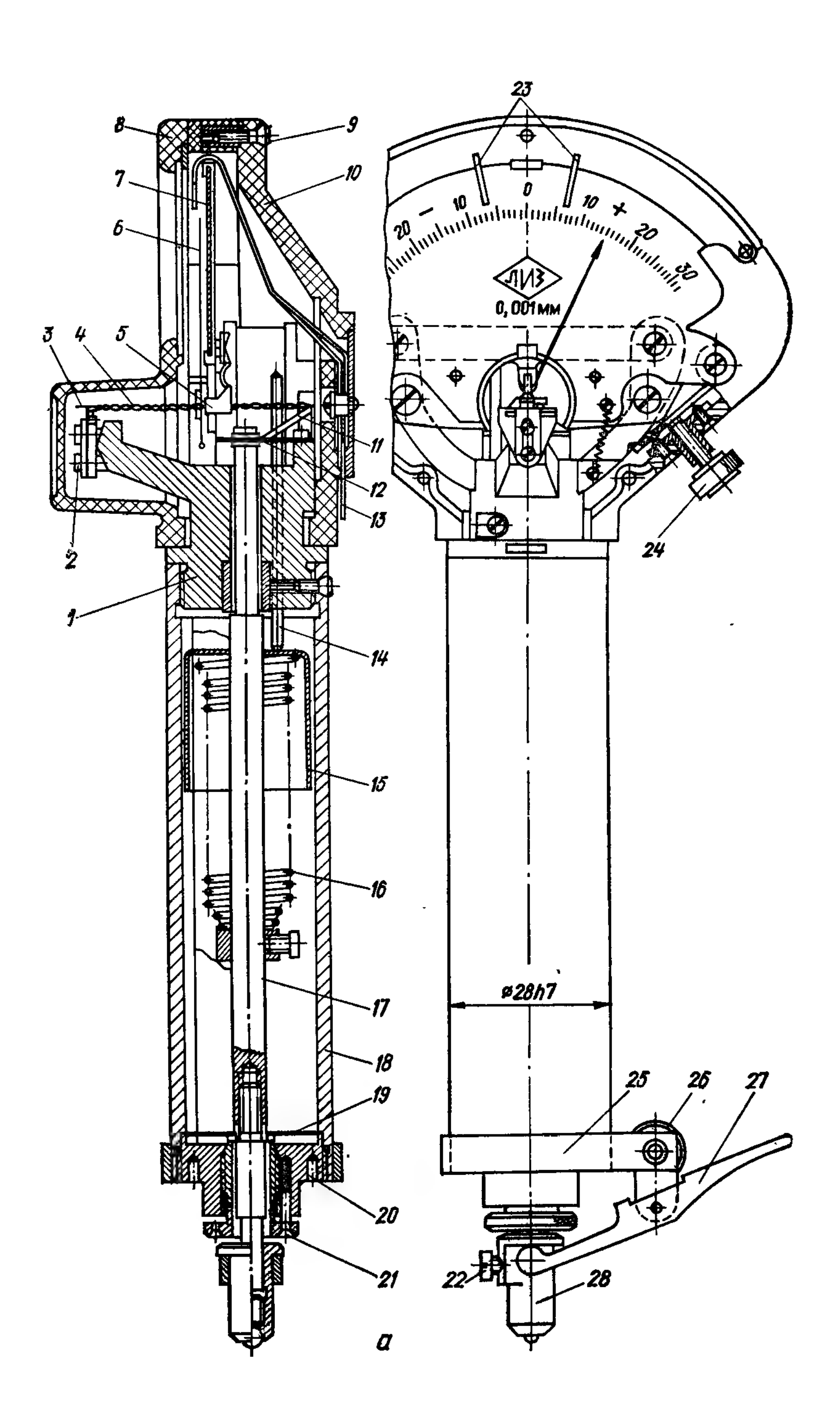


Рис. 48. Конструкция (*а*) и кинематическая схема (*б*) многооборотного индикатора типа МИГ.



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
20
10
0
10
20
30
ЛИЗ
0,001 мм
φ28h7
а

Измерительные пружинные головки

Пружинные измерительные головки (табл. 13) изготовляются следующих типов: ИГП — пружинные (микрокаторы), ИПМ — пружинные (микаторы) (малогабаритные), ИРП — рычажно-пружинные (миникаторы) бокового действия.

В качестве чувствительного элемента в этих приборах используется ленточная пружина из фосфористой бронзы шириной 0,08—0,12 мм и толщиной 0,004—0,008 мм. Одна половина ленты скручена влево, а другая — вправо. Перемещение измерительного стержня вызывает изменение длины пружины и раскручивание ее средней части, а также поворот прикрепленного к ней указателя. Преимуществами пружинных передач являются высокая чувствительность ленточных пружин, обеспечивающих высокую точность измерения и отсутствие контактных пар внешнего трения, благодаря чему приборы могут длительное время работать без снижения точности. Вариация показаний и погрешность обратного хода практически отсутствуют.

Микрокаторы применяются при особо точных измерениях размеров относительным методом, а также отклонений формы деталей с приспособлениями, имеющими присоединительный диаметр 28 мм. Микаторы используются в качестве отсчетных устройств в различных приборах и приспособлениях, имеющих присоединительный диаметр 8 мм.

Миникаторы предназначены для измерения отклонений формы и расположения поверхностей, особенно в труднодоступных местах изделия.

Кроме пружинных измерительных головок в нормальном исполнении выпускаются головки с регулируемым (ИГПР) и малым измерительным усилием (ИГПУ, ИПМУ), необходимые для измерений деталей малой жесткости.

Кинематическая схема и конструкция микрокатора приведены на рис. 49.

Измерительный стержень *17* микрокатора подвешен на плоских пружинах (пружинных мембранах) *19* и *12*. Нижняя мембрана *19* закреплена в трубке *18* крышкой *20*. Измерительный наконечник *28* закрепляется на измерительном стержне *17* винтом *22*. Ход стержня вниз ограничивается гайкой-фиксатором *21*, ввернутой в крышку *20*. При транспортировке приборов фиксатор *21* заворачивается, не позволяя стержню с упругим передаточным механизмом перемещаться, что предотвращает повреждение механизма. При эксплуатации фиксатор отворачивается. Перемещение измерительного стержня передается пружинной скрученной ленте *4* через угольник (рычаг) *11*. К середине ленты с помощью клея или шеллака прикрепляется стрелка *6*. Передний конец пружинной ленты припаян к плоской пружине *3*. Винтами *2* регулируется натяжение пружинной ленты.

Плавное перемещение стрелки и исключение ее вибраций обеспечиваются демпфером *5*. Демпфер представляет собой короткую трубку, охватывающую пружинную ленту около стрелки и заполненную поликсилоксановой жидкостью.

Измерительный пружинный механизм микрокатора закрыт крышками *10* и *8*, которые соединяются винтами *9*. Задняя крышка присоединена к корпусу *1*.

Винт *24* служит для поворота шкалы *7* при установке прибора на нуль.

Указатели поля допуска *23* перемещаются рычагами *13*, выведенными на заднюю стенку крышки *10*. Регулирование измерительного усилия, создаваемого пружиной *16*, производится перемещением стакана *15* с помощью пальца *14* при снятой задней крышке.

На конце гильзы с помощью хомута *25*, зажимаемого винтом *26*, установлен арретир *27* для подъема измерительного стержня при установке детали.

На рис. 50 показаны кинематическая схема и конструкция пружинной малогабаритной головки ИПМ.

Измерительный стержень *7* перемещается в шариковых направляющих *6* и шарнирно связан с угольником *1*, к которому припаяна скрученная ленточная пружина *2*. Угольник подвешен на плас-

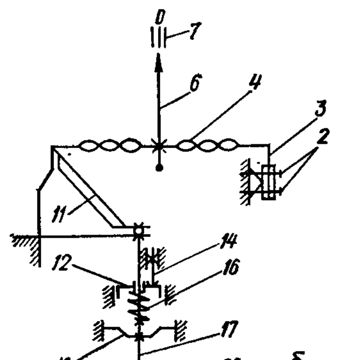


Рис. 49. Конструкция (*а*) и кинематическая схема (*б*) измерительной пружинной головки типа ИГП (микрокатор).

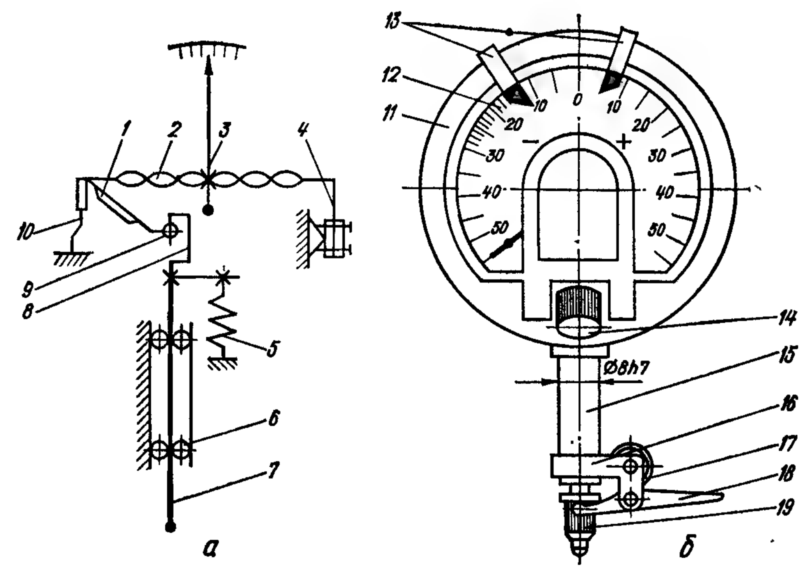


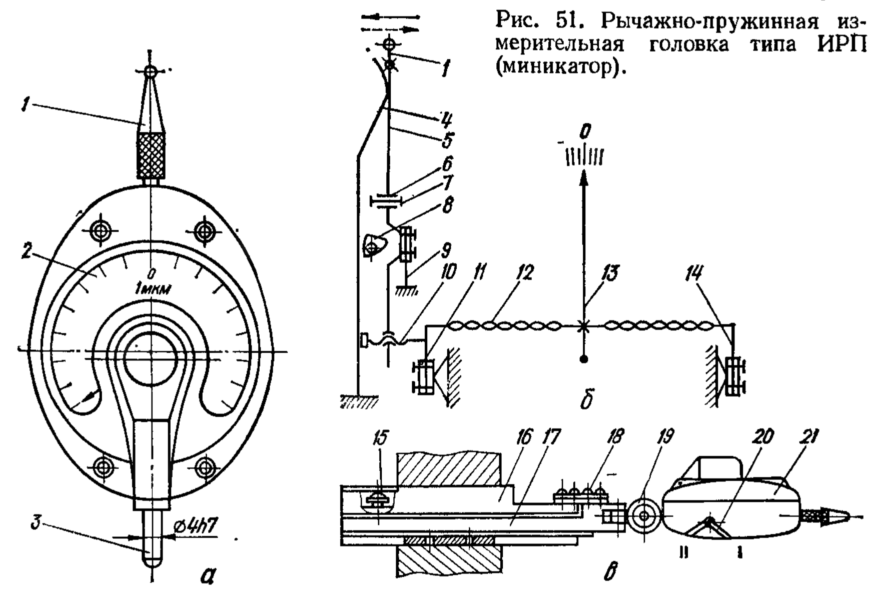
Рис. 50. Кинематическая схема (*а*) и конструкция (*б*) измерительной пружинной малогабаритной головки типа ИПМ (микатор).

тинчатой пружине *10*. В угольник *1* запрессован шарик *9*, с которым контактирует пятка, закрепляемая в насадке *8*. Измерительное усилие создается пружиной *5*.

Второй конец ленточной пружины *2* прикреплен к консольной пружине *4*, установленной на угловом выступе. Перемещение измерительного стержня *7* вызывает поворот угольника *1* и растяжение пружины *2*, на которой закреплена стрелка *3*.

Пружинная передача микатора размещена в корпусе *11*, к которому прикрепле-

Рис. 51. Рычажно-пружинная измерительная головка типа ИРП (миникатор).



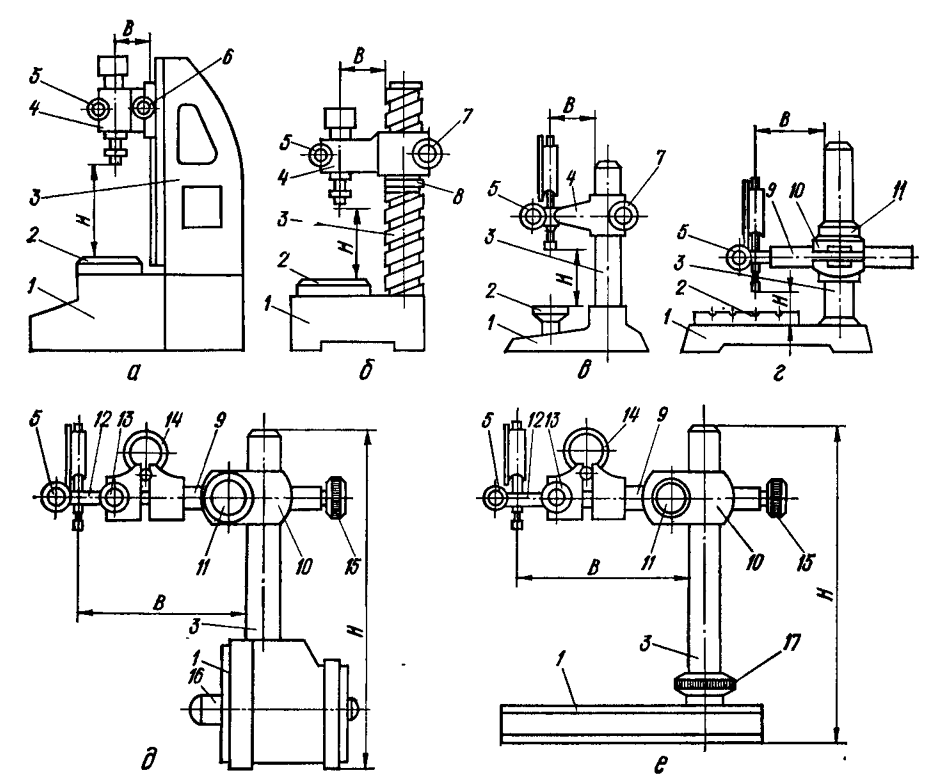


Рис. 52. Стойки повышенной жесткости типа С-I (*а*), тяжелого типа с неподвижным столом типа С-II (*б*), с регулируемым столом типа С-III (*в*) и легкого типа с прямоугольным столом типа С-IV (*г*), а также штативы с магнитным основанием типа ШМ-I, ШМ-II (*д*) и с подвижной колонкой типа Ш-I (*е*):

1 — основание; *2* — предметный стол для установки детали; *3* — колонка; *4* — кронштейн; *5* — винт крепления измерительной головки; *6* — маховик перемещения кронштейна (кремальера); *7* — винт зажима кронштейна; *8* — гайка перемещения кронштейна; *9* — стержень; *10* — хомут; *11* — зажимной винт; *12* — державка; *13* — винт крепления державки; *14* — пружинное кольцо; *15* — винт микроподачи для точной установки измерительной головки на размер; *16* — кнопка управления магнитным шунтом для включения и выключения магнита; *17* — гайка крепления колонки.

на гильза *15*. Положение шкалы *12* регулируется винтом *14* для установки прибора на нуль. На конце гильзы с помощью хомутика *16*, зажимаемого винтом *17*, установлен арретир *18*, соединенный с измерительным наконечником *19*. Для установки поля допуска предусмотрены указатели *13*.

На рис. 51, *а* показана конструкция рычажно-пружинной измерительной головки, на рис. 51, *б* — кинематическая схема передаточного механизма головки, на рис. 51, *в* — установка головки в державке.

Шариковый сменный наконечник *1* можно установить под определенным углом в плоскости измерения в пределах 60°, после чего он закрепляется на рычаге *5*, подвешенном на плоской пружине *9*. На втором конце рычага имеется регулируемая игла *10*, которая через задний угольник *11* воздействует на скрученную ленточную пружину *12* и поворачивает стрелку *13* относительно шкалы *2*. Второй конец ленты *12* припаян к переднему угольнику *14*. Головка снабжена рычагом *20* для переключения направления измерения. При повороте рычага поворачивается кулачок *8*, воздействующий на пружину *4*. В положении I кулачок *8* отведен от пружины *4*. Пружина *4* прижимает втулку *6* рычага *5* к правому торцу упора *7*. При этом измерительное

усилие создается пружиной *4*. При переводе рычага *20* в положение II кулачок *8* отводит пружину *4*. Втулка *6* упирается в левый торец упора *7*, измерительное усилие создается пружиной *9*.

В державку *16* головка *21* вставляется своим хвостовиком *3*, после чего закрепляется винтом *19*. Головка должна быть установлена так, чтобы направление измерения было параллельно плоскости микроподачи. Микроподача осуществляется винтом *15*, который воздействует на планку *17*, подвешенную на пластинчатой пружине *18*.

Стойки и штативы для измерительных головок

Измерительные головки устанавливаются в стойки или штативы (рис. 52). Основные параметры стоек и штативов приведены в табл. 14, характеристики измерительных столов к стойкам — в табл. 15.

14. Характеристики стоек и штативов для измерительных головок (по ГОСТ 10197—70)

Тип	Цена деления измерительной головки, мкм	Предел измерения по высоте H, мм	Наибольший вылет измерительной головки B, мм	Присоединительный размер головки, мм	Габаритные размеры, мм
С-I	0,1—0,5	160	75	28*H*8	435×150×270
С-II	1—5	160	75		
С-III	1—10	100	55	8*H*8	167×147×260
С-IV	10	250	25—160		234×156×361
Ш-I	2—5	250	200		294×125×50
Ш-IIН	10	250	200		294×125×50
Ш-IIВ	10	630	500		612×150×630
Ш-III	10	200	160		230× 50×200
ШМ-IIН	10	250	200		250×100×252
ШМ-IIВ	10	630	500		656×295×630
ШМ-III	10	200	160		190× 52×200
ШМ-I	10	250	200		250×100×250

15. Характеристики измерительных столов

Тип стойки	Стол	
	основной	дополнительный
С-I	Прямоугольный размером 100 × 40 мм, ребристый	Круглый диаметром 90 мм, гладкий, с регулировкой измерительной плоскости в положение, параллельное плоскости измерительного наконечника. Круглый диаметр 60 мм, ребристый, с выступающей сферической вставкой. Круглый диаметром 60 мм, ребристый, с выступающим средним ребром
С-II	Прямоугольный размером 125 × 125 мм, ребристый	Круглый диаметром 90 мм, гладкий, с регулировкой измерительной плоскости в положение, параллельное плоскости измерительного наконечника
С-III	Круглый диаметром 50 мм, гладкий	Круглый диаметром 50 мм, гладкий, с отверстиями диаметром от 0,4 до 3,5 мм для измерения буртиков и заплечиков мелких деталей
С-IV	Прямоугольный размером 100 × 160 мм, гладкий	—

Порядок измерений

Зубчатые и рычажно-зубчатые головки. При измерениях головки могут устанавливаться в универсальных стойках и штативах, в универсальных измерительных приборах в качестве отсчетных устройств (глубиномерах, толщиномерах, нутромерах и др.) и в специальных, сборных многомерных и переналаживаемых контрольных и измерительных приспособлениях.

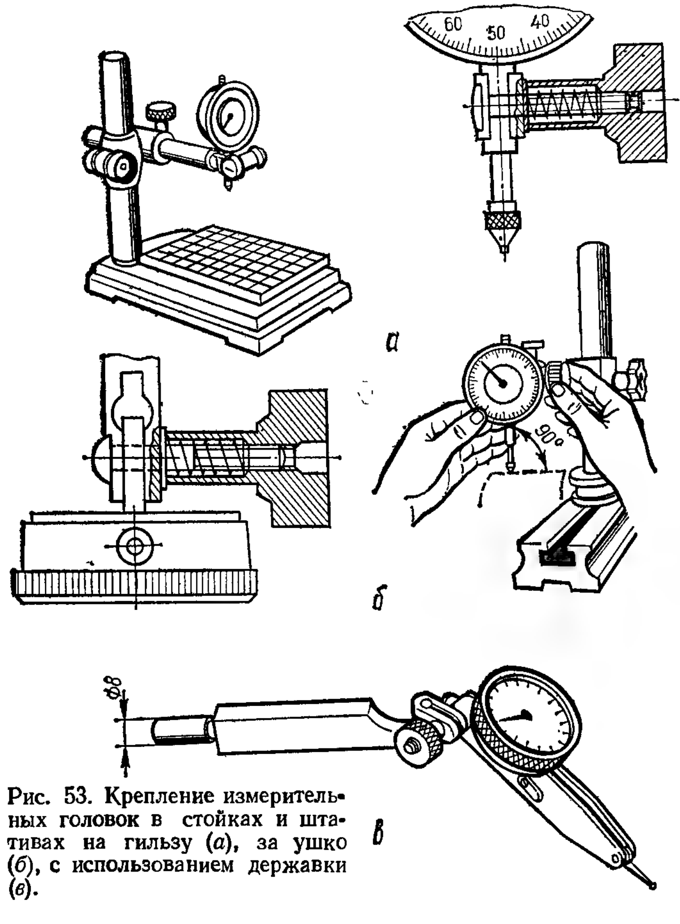


Рис. 53. Крепление измерительных головок в стойках и штативах на гильзу (*а*), за ушко (*б*), с использованием державки (*в*).

Техника измерения размеров измерительными головками в стойках и штативах, а также в разнообразных по конструкции специальных и переналаживаемых контрольных и измерительных приспособлениях аналогична.

Измерения производятся следующим образом. Измерительная головка закрепляется зажимным винтом на стержне стойки или в державке штатива. В зависимости от конструкции головку можно установить путем зажима гильзы в стойке (рис. 53, *а*), либо за ушко на задней крышке (рис. 53, *б*), либо с использованием специальных державок для крепления (рис. 53, *в*), когда диаметр присоединительного штифта не равен диаметру зажимного отверстия штатива. Измерительный стержень при этом должен располагаться перпендикулярно к поверхности стола или измеряемой детали.

Измерение размеров деталей можно проводить, используя относительный (с установкой приборов на нуль по блоку концевых мер или образцовой детали) или

абсолютный метод (если размер детали не превышает пределов измерения по шкале). Измерения относительным методом более точные.

При измерении размеров относительным методом на стол стойки или поверочную плиту под измерительный наконечник головки помещается блок плоскопараллельных концевых мер длины, размер которого равен номинальному размеру измеряемой детали или же приблизительно равен одному из предельных размеров.

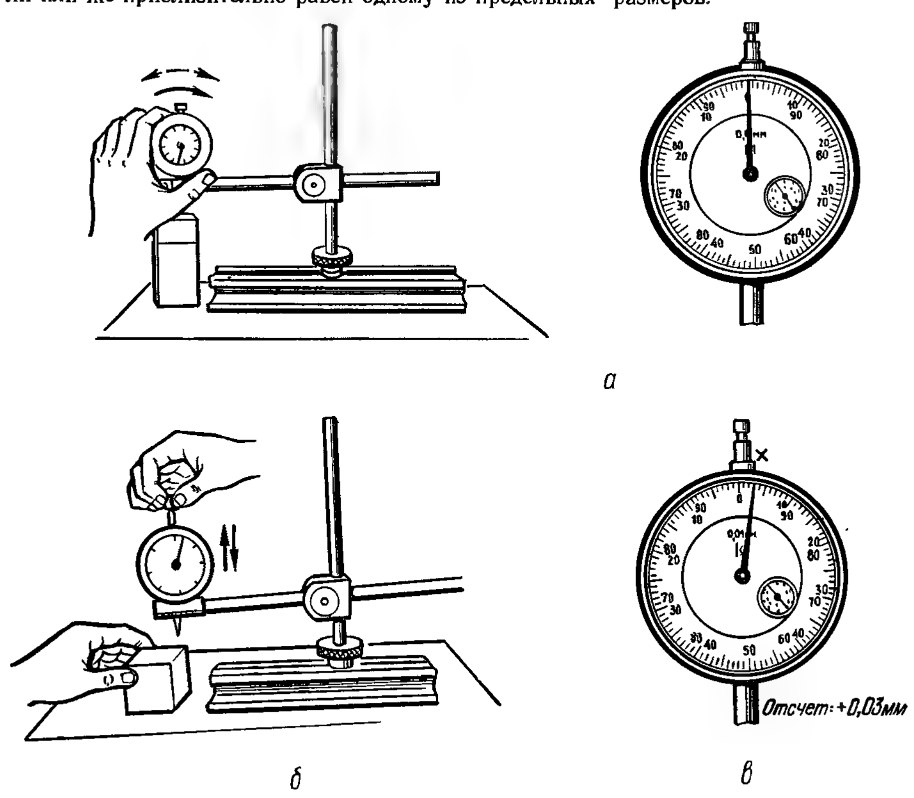


Рис. 54. Измерение размеров деталей относительным методом:

а — установка измерительной головки по блоку концевых мер в нулевое положение; *б* — установка детали; *в* — отсчет показаний.

Затем следует опустить кронштейн с закрепленной измерительной головкой по колонке стойки так, чтобы измерительный наконечник коснулся поверхности меры и стрелка отклонилась от крайнего положения. Опускать кронштейн необходимо плавно, не допуская удара измерительного наконечника о блок концевых мер.

Предварительное отклонение стрелки («натяг прибора») необходимо, чтобы в процессе измерения прибор мог показать как отрицательные, так и положительные отклонения от начального положения при касании блока концевых мер. Поэтому значение натяга должно быть больше, чем допускаемые отклонения размера детали от номинального значения.

В момент касания измерительного наконечника блока мер стрелка прибора начнет перемещаться по шкале вправо. Для измерительных головок типа ИГ постепенным перемещением кронштейна с головкой стрелка доводится примерно до нулевого деления шкалы. При доведении стрелки примерно до нулевого деления шкалы для измерительных головок типа МИГ измерительному стержню сообщается натяг не менее 0,15 мм, а для головок типов ИРБ и ИРТ — натяг не менее 0,1 мм. Для индикаторов часового типа рекомендуется сообщать натяг измерительному стержню пример-

но 1 мм, чтобы измерения осуществлять на участке шкалы, имеющем нормированную погрешность показаний.

Блок концевых мер необходимо помещать на столике так, чтобы середина меры лежала против оси измерительного стержня.

Далее следует закрепить измерительную головку, зажав винт крепления кронштейна на стойке, и установить шкалу на нулевое положение, т. е. поворотом ободка

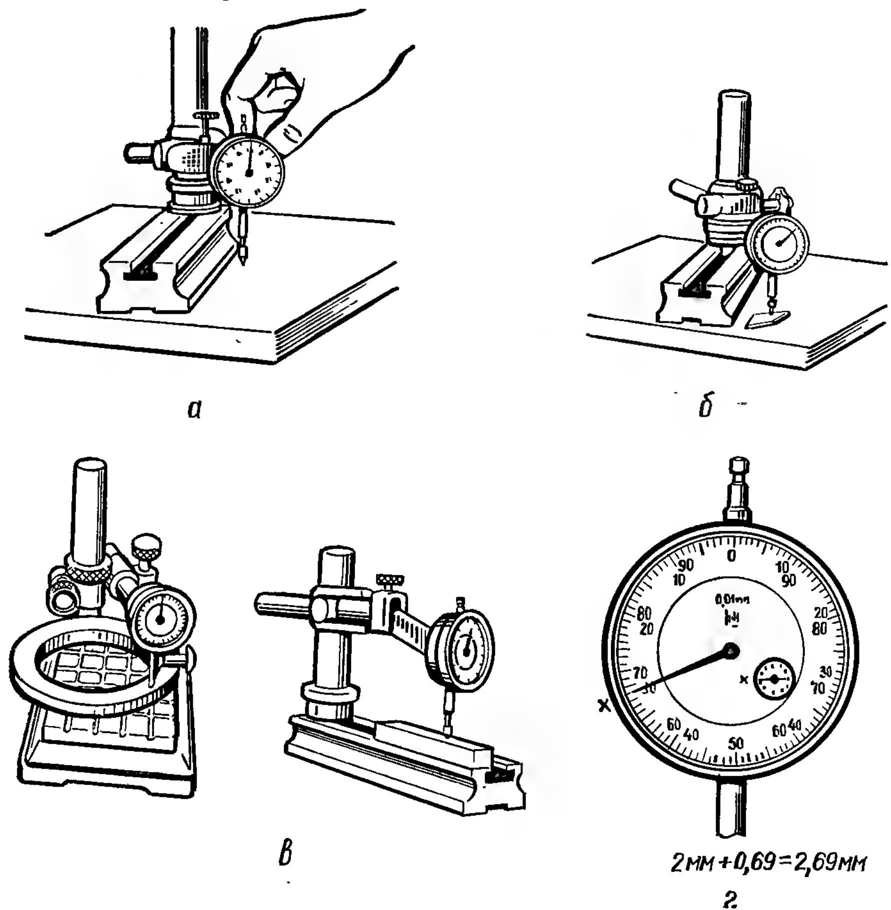


Рис. 55. Измерение размеров деталей абсолютным методом:
а — установка измерительной головки; *б, в* — измерение детали; *г* — отсчет показаний.

совместить нулевой штрих шкалы со стрелкой (рис. 54, *а*) — при измерении индикаторами часового типа, или вращением винта установки шкалы на нуль — при измерении рычажно-зубчатыми головками.

Для проверки постоянства показаний измерительной головки у индикаторов часового типа необходимо два-три раза приподнять измерительный стержень за головку на высоту 2—3 мм и плавно опустить его, придерживая рукой, до упора наконечника в блок мер. Стрелка должна возвращаться на нулевой штрих при касании наконечником блока мер. У рычажно-зубчатых головок проверка постоянства показаний осуществляется арретированием измерительного стержня. Если стрелка отклоняется от нулевого положения (допускаемое отклонение не более 0,5 деления), следует снова совместить с ней нулевой штрих и вновь путем подъема и опускания измерительного стержня проверить постоянство показаний индикатора.

Появление неплавности вращения стрелки, неплавности хода и заедания измерительного стержня в гильзе (пружина, создающая измерительное усилие, не оттягивает измерительный стержень в исходное положение; при этом стрелка занимает каждый раз иное положение) свидетельствует о перетяге при креплении измерительной головки зажимным винтом или загрязнении механизма головки. В первом случае необходимо несколько ослабить зажим и устранить тем самым заклинивание стержня.

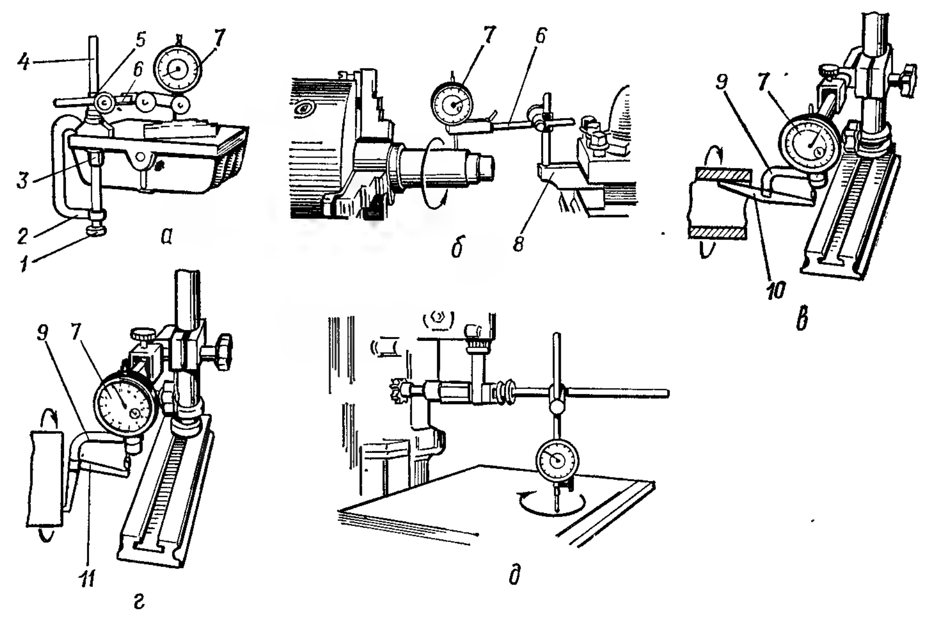


Рис. 56. Примеры использования приспособлений к измерительным головкам:

а — измерение деталей на поверочной плите; *б* — *г* — проверка соответственно радиального биения шпинделя токарно-винторезного станка, радиального биения внутренней поверхности и торцового биения; *д* — проверка перпендикулярности рабочей поверхности стола вертикально-сверлильного станка к оси его вращения (*1* — винт; *2* — скоба; *3* — губка; *4* — стержень; *5* — хомут; *6* — поворотная державка с муфтой; *7* — измерительная головка; *8* — державка; *9* — кронштейн; *10* — прямой рычаг; *11* — угловой рычаг).

Во втором случае требуется промывка механизма в чистом авиационном бензине. После проверки и регулировки измерительной головки следует снять блок мер при помощи арретира или слегка приподнимая за головку измерительный стержень, подвести измеряемую деталь под измерительный наконечник головки и осторожно опустить измерительный стержень до соприкосновения наконечника с поверхностью детали (рис. 54, *б*).

Если деталь имеет цилиндрическую форму, то чтобы избежать неправильного отсчета, деталь необходимо плотно прижимать двумя пальцами к предметному столу и, слегка перекатывая под измерительным наконечником, следить за движением стрелки.

По показаниям стрелки (рис. 54, *в*) устанавливаются отклонение размера детали от размера меры и его знак.

Действительный размер измеряемой детали будет равен сумме размера блока концевых мер и показания прибора с учетом знака этого показания.

После окончания измерения партии деталей необходимо проверить сохранность нулевой установки прибора. Для этого под измерительный стержень снова устанавливают блок концевых мер. Допускаемое отклонение стрелки от нулевого положения не должно превышать 0,5 деления шкалы.

Измерения размеров деталей абсолютным методом осуществляются в следующем порядке. Кронштейн с закрепленной измерительной головкой опускается по колонке стойки до касания наконечником измерительной базы (поверхности предметного

стола стойки или поверочной плиты). При этом обеспечивается некоторое давление измерительного наконечника на плиту (рис. 55, *а*). Затем измерительная головка закрепляется при помощи винта крепления кронштейна на стойке. Настройка головки на нуль производится от поверхности поверочной плиты или предметного стола (поворотом шкалы за ободок у измерительных головок типа ИЧ, или вращением винта

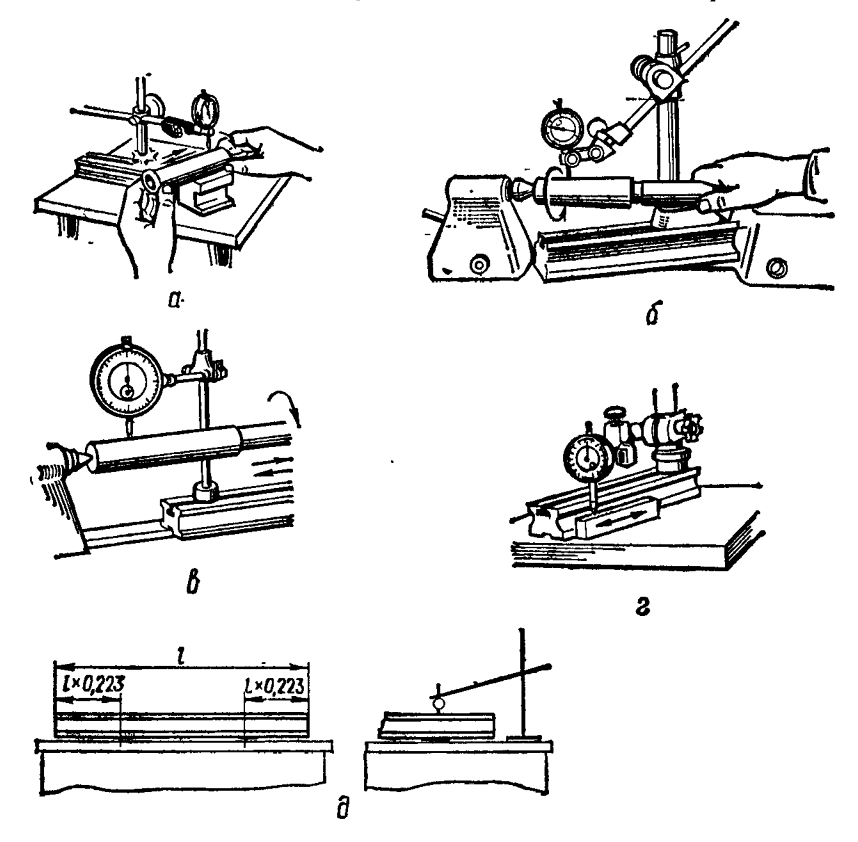


Рис. 57. Приемы измерения головками в штативе отклонений геометрической формы и взаимного расположения поверхностей деталей:

а — круглости; *б* — радиального биения в центрах; *в* — параллельности осей шпинделя и пиноли задней бабки токарно-винторезного станка направляющим станины для каретки; *г* — параллельности плоскостей детали; *д* — прямолинейности плоскости при помощи поверочной линейки и концевых мер.

установки шкалы на нуль у головок типа МИГ). Постоянство показаний измерительной головки проверяется арретированием (подъемом и опусканием) измерительного стержня. Под измерительный наконечник устанавливается деталь (рис. 55, *б* и *в*). Для этого арретиром или за головку приподнимается стержень. Перемещение основной стрелки и стрелки указателя числа оборотов от первоначального положения определяет действительный размер детали (рис. 55, *г*).

Измерение можно осуществлять, используя в качестве измерительной базы поверхность поверочной плиты (рис. 55, *б*) или верхнюю плоскость основания стойки, штатива (рис. 55, *в*).

Для удобства закрепления измерительных головок на поверхности деталей сложной формы и на подвижных частях станков применяются специальные струбцины (рис. 56, *а* и *д*) и державки (рис. 56, *б*).

Для изменения направления линии измерения при измерениях в труднодоступных местах используются прямые (рис. 56, *в*) и угловые (рис. 56, *г*) рычаги, позволяющие определять величину отклонений формы наружных и внутренних поверхностей и проводить измерения в местах деталей, проверка которых обычными методами затруднена.

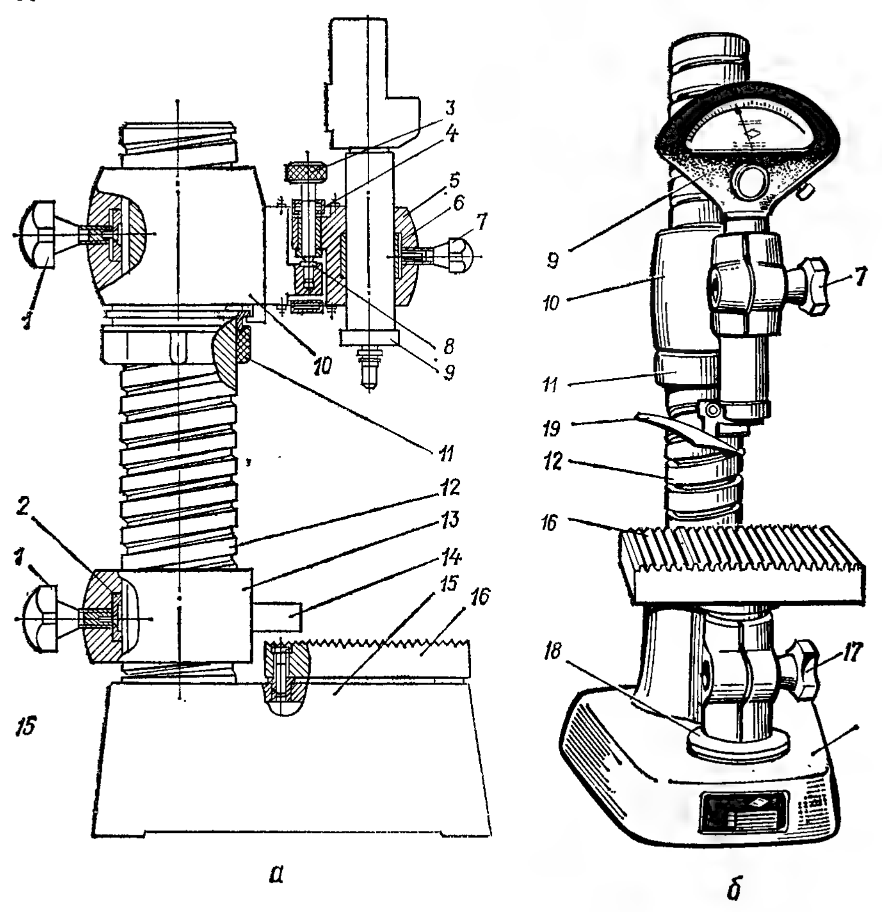


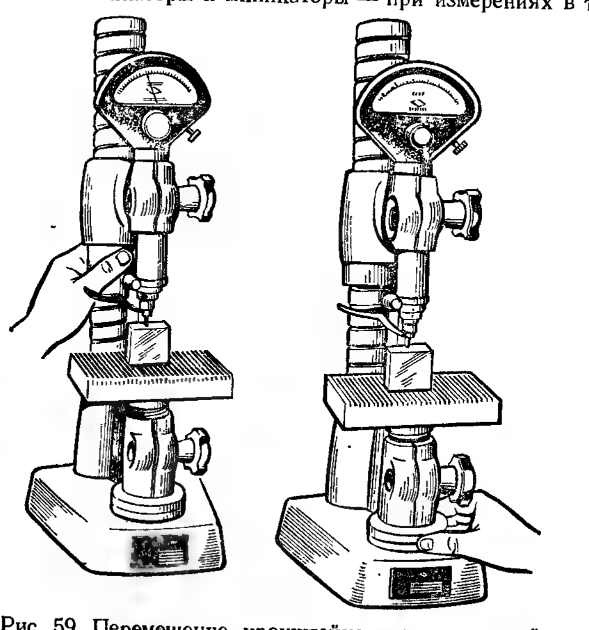
Рис. 58. Установка пружинной измерительной головки в стойках типов С-II (*а*), С-III (*б*):

1 — винт зажима кронштейна; *2* — прокладка; *3* — винт микрометрической подачи; *4* — плоская пружина; *5* — втулка; *6* — прокладка; *7* — винт зажима головки; *8* — пятка; *9* — измерительная головка; *10* — верхний кронштейн; *11* — гайка перемещения кронштейна по колонке; *12* — колонка; *13* — нижний кронштейн; *14* — упор; *15* — основание; *16* — измерительный стол; *17* — винт зажима стола; *18* — гайка подъема и опускания стола; *19* — арретир.

Приемы измерения головками в штативах отклонений геометрической формы и взаимного расположения поверхностей деталей приведены на рис. 57. Биение определяется наибольшей разностью показаний измерительной головки при одном обороте детали. При измерении отклонений от параллельности или прямолинейности подставка штатива перемещается вдоль детали или поверочной линейки, установленной с помощью двух одинаковых по размерам концевых мер на поверхности детали. При перемещении измерительной головки измерительный стержень отводится от поверхности детали, а затем плавно опускается до касания с поверхностью детали в точ-

ках измерения. Измерение производится в 3—4 точках по длине детали. Разность отсчетов двух крайних положений стрелки определяет величину отклонения от прямолинейности или параллельности.

Пружинные головки. Применяются при особо точных измерениях линейных величин относительным методом, а также отклонений формы деталей (малогабаритные — микаторы и миникаторы — при измерениях в труднодоступных местах).



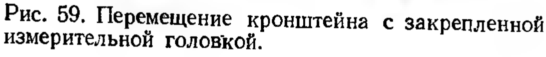


Рис. 59. Перемещение кронштейна с закрепленной измерительной головкой.

Рис. 60. Перемещение измерительного стола.

Рис. 61. Установка шкалы прибора в нулевое положение.

Пружинные измерительные головки используются для измерений в универсальных стойках, а также в качестве отсчетных устройств в универсальных, специальных, сборных многомерных и переналаживаемых контрольно-измерительных приспособлениях. Техника измерения размеров пружинными головками в стойках и в разнообразных по конструкции контрольно-измерительных приспособлениях аналогична.

Измерения производятся следующим образом. Измерительная головка закрепляется в кронштейне стойки (рис. 58). Кронштейн с измерительной головкой поднимается по колонке; у стоек типа С-III следует опустить в нижнее положение измерительный стол. Для этого (рис. 58, *б*) освободить винт *17* и вращением гайки *18* переместить стол в нижнее положение. На измерительный стол стойки под измерительный наконечник головки устанавливается блок плоскопараллельных концевых мер длины, размер которого обычно равен номинальному размеру измеряемой детали.

Вращением гайки кронштейн с закрепленной измерительной головкой опускается до касания наконечника прибора поверхности меры (рис. 59). Опускать кронштейн следует плавно, не допуская удара измерительного наконечника о блок концевых мер. В момент касания наконечника поверхности меры стрелка отклонится от крайнего положения. Постепенным вращением гайки стрелка доводится примерно до нулевого деления шкалы. После этого кронштейн закрепляется стопорным винтом. Затем (при измерении в стойках типа С-II) устанавливается стрелка прибора в нулевое положение вращением винта микрометрической подачи *3* (рис. 58). При вращении винта *3* втулка *5* с измерительной головкой перемещается на плоских пружинах *4*.

При измерении в стойках типа С-III совмещение стрелки с нулевым делением шкалы осуществляется подъемом измерительного стола вместе с блоком концевых мер (рис. 60).

После этого положение стола закрепляется с помощью винта и производится окончательная установка прибора в нулевое положение перемещением шкалы относительно стрелки (рис. 61).

Для проверки постоянства показаний измерительной головки при помощи арретира 2—3 раза приподнимается и плавно опускается измерительный наконечник. Стрелка должна возвращаться на нулевой штрих при касании наконечником блока мер. Если при арретировании стрелка не будет возвращаться в исходное положение, следует снова совместить с ней нулевой штрих шкалы и вновь путем подъема и опускания измерительного стержня проверить постоянство показаний прибора.

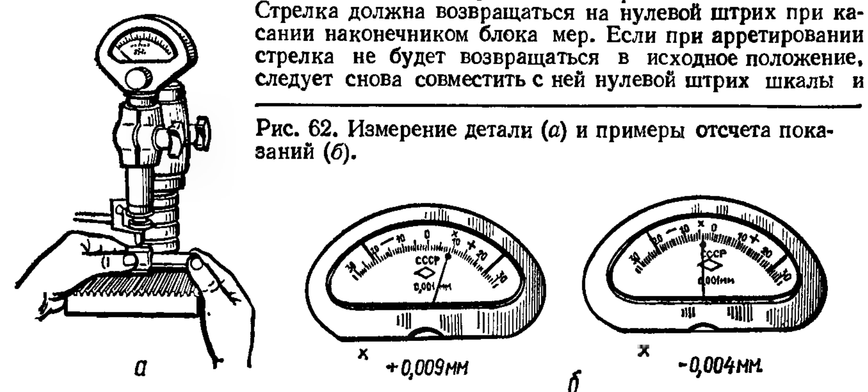


Рис. 62. Измерение детали (*а*) и примеры отсчета показаний (*б*).

Прибор устанавливается окончательно на нуль, нажатием на рычажок арретира приподнимается измерительный наконечник и снимается со стола блок концевых мер. При измерении партии одинаковых деталей используются указатели пределов поля допуска.

Приподнимается измерительный стержень арретиром, на столик под измерительный наконечник головки на место снятого блока концевых мер устанавливается измеряемая деталь и осторожно опускается измерительный стержень до соприкосновения наконечника с поверхностью детали (рис. 62, *а*). Если деталь имеет цилиндрическую форму, то с целью избежания неправильного отсчета деталь следует плотно прижимать двумя пальцами к измерительному столу и, слегка перекатывая под измерительным наконечником, следить за движением стрелки.

Далее производится отсчет показаний (рис. 62, *б*), по которым устанавливаются отклонение размера детали от размера меры и его знак. Действительный размер измеряемой детали будет равен сумме размера блока концевых мер и показания прибора с учетом знака этого показания.

СКОБЫ С ОТСЧЕТНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Типы и назначение

Скобы с отсчетным устройством предназначены для точных измерений наружных размеров деталей относительным методом. Скобы изготовляются следующих двух типов: СР — рычажные, со встроенным в корпус отсчетным устройством; СИ — индикаторные, оснащенные измерительными головками (табл. 16). Выпускаются также скобы специального назначения (настольные, толщиномеры).

Рычажные скобы применяются для измерения деталей с допуском по 7-му квалитету, а индикаторные скобы с верхним пределом измерения до 100 мм — деталей с допуском по 9-му квалитету и грубее (сравнительно большие погрешности индикаторов часового типа ограничивают применение индикаторных скоб для измерения деталей малых размеров — менее 30 мм).

На рис. 63, *а* показана конструкция, на рис. 63, *б* — кинематическая схема рычажной скобы с двухрычажной передачей в отсчетном устройстве, а на рис. 64 — конструкция индикаторной скобы.

16. Характеристика скоб с отсчетным устройством (по ГОСТ 11098—75)

Приборы (тип)	Пределы измерений, мм	Отсчетное устройство: цена деления, мм	Отсчетное устройство: пределы измерений, мм	Предел допускаемой погрешности показаний, мм	Измерительное усилие, Н
Скобы рычажные (СР)	0—25	0,002	±0,14	±0,002	6±1
	25—50; 50—75; 75—100; 100—125; 125—150				8±2
Скобы индикаторные (СИ)	0—50	0,01	3		6±1
	50—100			±0,008	8±2
	100—200			±0,010	
	200—300 300—400			±0,012	
	400—500 500—600			±0,015	
	600—700 700—850 850—1000		5	±0,020	10±2

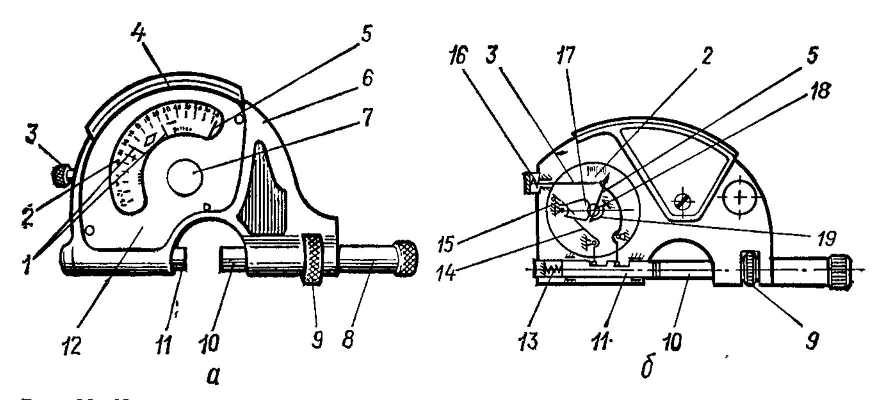


Рис. 63. Конструкция (*а*) и кинематическая схема (*б*) рычажной скобы:

1 — указатели пределов поля допуска; *2* — шкала; *3* — арретир; *4* — теплоизоляционная накладка; *5* — стрелка; *6* — скоба (корпус); *7* — колпачок механизма перестановки указателей; *8* — колпачок-стопор переставной пятки; *9* — гайка; *10* — пятка переставная; *11* — пятка подвижная; *12* — крышка; *13* — пружина, создающая измерительное усилие; *14*, *15* — рычаги; *16* — пружина отвода арретира; *17* — зубчатый сектор; *18* — триб; *19* — спиральная моментная пружина, устраняющая мертвый ход в передаче.

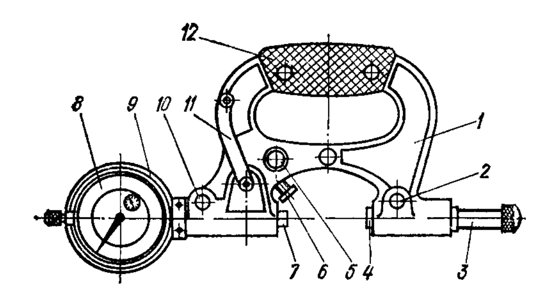


Рис. 64. Индикаторная скоба:

1 — корпус; *2* — зажим переставной пятки; *3* — колпачок; *4* — переставная пятка; *5* — зажим упора; *6* — упор; *7* — подвижная пятка; *8* — измерительная головка (индикатор часового типа); *9* — кожух; *10* — зажим индикатора; *11* — арретир; *12* — теплоизоляционная накладка.

Порядок измерений

Рычажные скобы. Измерение рычажными скобами выполняется в такой последовательности.

Производится установка скобы по блоку плоскопараллельных концевых мер длины, размер которого равен номинальному размеру измеряемой детали или же приблизительно равен одному из предельных размеров детали.

Для этого отвинчивается колпачок-стопор и вращением гайки предварительно разводятся измерительные поверхности пяток на размер, больше размера блока концевых мер. Затем блок концевых мер помещается между измерительными поверхностями подвижной и неподвижной пяток и вращается гайка до тех пор, пока стрелка отсчетного устройства совместится с нулевым штрихом шкалы (рис. 65). После установки переставная пятка закрепляется колпачком-стопором и удаляется блок концевых мер. Для того чтобы не повредились измерительные поверхности концевых мер и пяток скобы, подвижная пятка отводится арретиром.

С помощью прилагаемого к скобе ключа устанавливаются передвижные указатели пределов поля допуска (рис. 66). Предварительно отвинчивается колпачок механизма перестановки указателей.

При помощи арретира отводится подвижная пятка. Между измерительными поверхностями подвижной и переставной пяток помещается деталь, а затем арретиром осторожно опускается подвижная пятка до соприкосновения с поверхностью детали (рис. 67). Для измерения размеров партии деталей рычажную скобу следует закрепить в стойке (рис. 67, *б*).

Далее производится отсчет показаний (рис. 67, *в*), по которым устанавливаются отклонение размера детали от размера меры и его знак. Действительный размер измеряемой детали будет равен сумме размера блока концевых мер и показания прибора с учетом знака этого показания.

Индикаторные скобы. Перед началом измерений производится настройка скобы по блоку плоскопараллельных концевых мер, размер которого равен номинальному размеру измеряемой детали. Для этого нужно отвинтить стопорную гайку зажима переставной пятки и колпачок. Нажимом руки развести измерительные поверхности пяток на размер, больше размера блока концевых мер. Затем поместить блок концевых мер между измерительными поверхностями подвижной и переставной пяток. Переставную пятку привести в соприкосновение с поверхностью меры так, чтобы при измерениях использовался нормированный участок, находящийся в пределах второго оборота, а стрелка индикатора приблизительно установилась на нуль. После установки скобы на размер положение переставной пятки зафиксировать зажимом и закрыть ее колпачком, который предохраняет ее от повреждений и загрязнений. После этого поворотом ободка совместить нулевой штрих основной шкалы индикатора со стрелкой (рис. 68).

Затем следует проверить постоянство показаний, для чего необходимо при помощи арретира 2—3 раза отвести подвижную пятку и затем осторожно опустить ее до соприкосновения с поверхностью концевой меры. Если при этом стрелка индикатора займет не нулевое положение, то снова поворотом за ободок совместить с ней нулевой штрих шкалы. После этого удалить блок концевых мер, отведя подвижную пятку арретиром, чтобы не повредить измерительные поверхности концевых мер и пяток скобы.

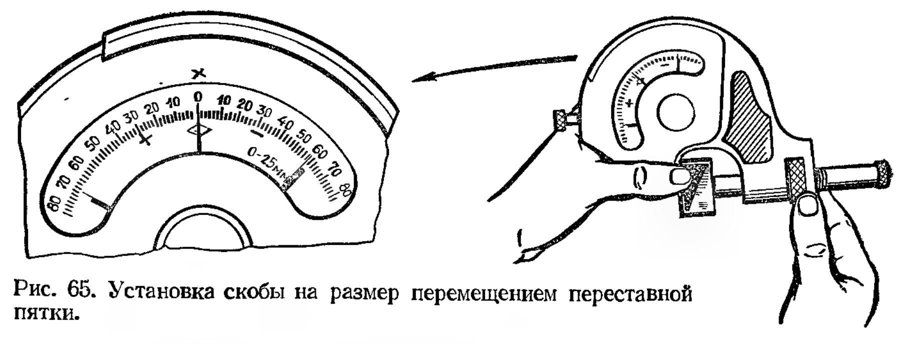
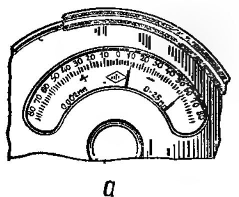
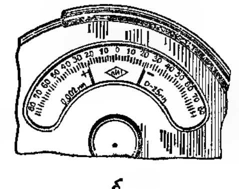


Рис. 65. Установка скобы на размер перемещением переставной пятки.



а



б

Рис. 66. Установка указателей пределов поля допуска:

а — установка допуска перемещением левого указателя; *б* — установка поля допуска относительно нулевого штриха шкалы.

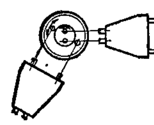


Рис. 67. Измерение рычажной скобой (*а*, *б*) и примеры отсчета показаний (*в*).

а

б

x +0,018мм

в

−0,014мм

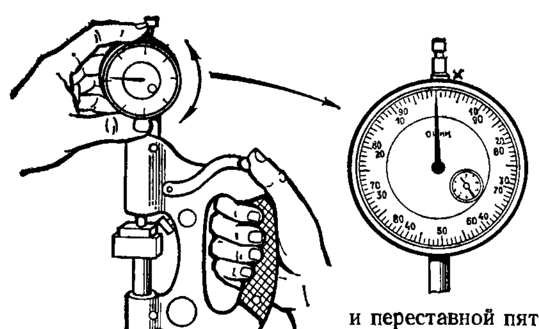


Рис. 68. Установка скобы в нулевое положение.

Упор, которым для удобства измерения снабжена скоба, при настройке ее на размер устанавливается так, чтобы линия измерения проходила через ось измеряемой детали.

При помощи арретира отводится подвижная пятка, деталь помещается между измерительными поверхностями подвижной и переставной пяток, слегка прижимается к переставной пятке. Затем осторожно арретиром опускается подвижная пятка до соприкосновения с поверхностью детали (рис. 69). Покачиванием устраняются перекос и находится правильное положение измерительных поверхностей инструмента относительно проверяемых. При измерении партии деталей индикаторную скобу следует закрепить в стойке (рис. 69, *б*), чтобы удобнее производить измерение.

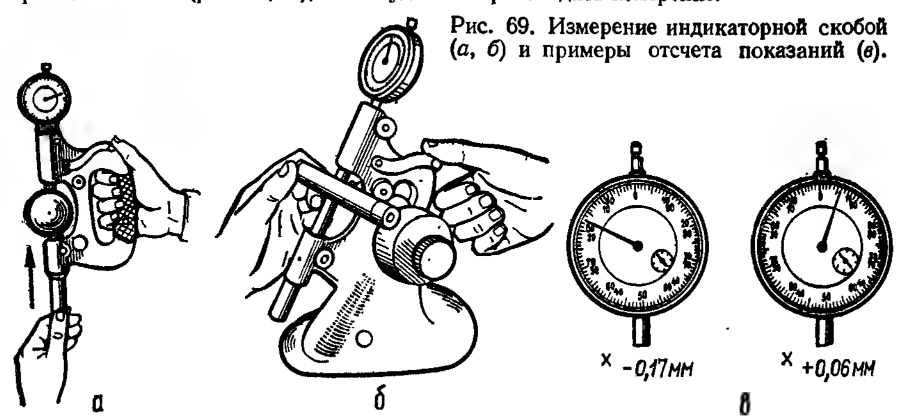


Рис. 69. Измерение индикаторной скобой (*а*, *б*) и примеры отсчета показаний (*в*).

Производится отсчет показаний (рис. 69, *в*), по которым устанавливаются отклонение размера детали от размера меры и его знак. Действительный размер измеряемой детали будет равен сумме размера блока концевых мер и показаний прибора с учетом знака этого показания.

ИНДИКАТОРНЫЕ ГЛУБИНОМЕРЫ И НУТРОМЕРЫ

Типы и назначение

Индикаторные глубиномеры (табл. 17) предназначены для измерения относительным методом глубины пазов, отверстий, высоты уступов, а нутромеры — внутренних размеров деталей.

Конструкции индикаторного глубиномера показаны на рис. 70, нутромеров — на рис. 71 и 72.

Нутромеры повышенной точности оснащены рычажно-зубчатой измерительной головкой типа ИГ. Сменная измерительная вставка закрепляется в корпусе на резьбе. Перемещение измерительных шариков при входе их в отверстие передается игле и через нее измерительному стержню измерительной головки. Центрирующие шарики, диаметр которых на 0,01 мм меньше диаметра измерительных, не позволяют сместиться линии измерения относительно диаметра отверстия. Упор, закрепляемый в нужном положении, обеспечивает удобство измерения.

17. Характеристики индикаторных глубиномеров и нутромеров

Приборы	Цена деления отсчетного устройства, мм	Пределы измерения, мм	Наибольшая глубина измерения, мм	Перемещение измерительного стержня от нулевого положения, мм	Предел допускаемой погрешности на всем диапазоне измерения, мм	Измерительное усилие, Н
Глубиномеры (ГОСТ 7661—67)	0,01	0—100	100	—	—	2±0,8
Нутромеры индикаторные по ГОСТ 868—82		6—10	50	±0,3	±0,012	
		10—18	130	±0,4		
		18—35	135	±0,75		3,5±1
		35—50	150	±1,0	±0,015	
	0,01	50—100	200			
		100—160	300	±2	±0,018	5^{+2}_{-1}
		160—250	400			
		250—450	500	±3		7±2
		450—700 700—1000	Не ограничивается	±4	±0,022	
То же по ГОСТ 9244—75	0,001 или	3—6	20	—	±0,0015	
	0,002	6—10	30			1 + 1,5
		10—18	50		±0,0025	
	0,002	18—50	150		±0,0025	$3^{+1,5}_{-1,0}$
		50—100	200		±0,003	
		100—160	300		±0,003	
		160—260	300		±0,003	

Порядок измерений

Измерения индикаторными глубиномерами выполняются в такой последовательности. Индикатор устанавливается в державке основания и закрепляется, в зависимости от измеряемого размера выбирается сменный измерительный стержень и вставляется в глубиномер. Глубиномер основанием ставится на два блока плоскопараллельных концевых мер длины или установочную втулку, установленные на поверочной плите (рис. 73, *а*). Отжимается стопор и производится окончательная установка индикатора относительно основания. Для этого индикатор в державке перемещается так, чтобы при измерениях использовался нормированный участок, находящийся в пределах второго оборота (рис. 73, *б*). Затем индикатор закрепляется стопором. Поворотом ободка нулевой штрих основной шкалы совмещается со стрелкой (рис. 73, *в*).

При измерении основание слегка прижимается к поверхности детали левой рукой (рис. 74), а правой рукой измерительный стержень опускается до соприкосновения его наконечника с поверхностью детали. Далее определяются отклонения размера детали от установочной меры, производится отсчет показаний (как при измерении индикатором в штативе). Действительный размер измеряемой детали будет равен сумме размера блока концевых мер и показания прибора с учетом знака этого показания.

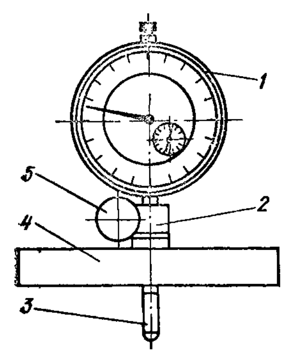
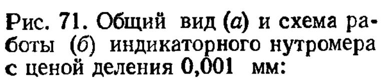


Рис. 70. Индикаторный глубиномер:

1 — индикатор часового типа; 2 — державка; 3 — сменный измерительный стержень; 4 — основание; 5 — винт зажима индикатора.



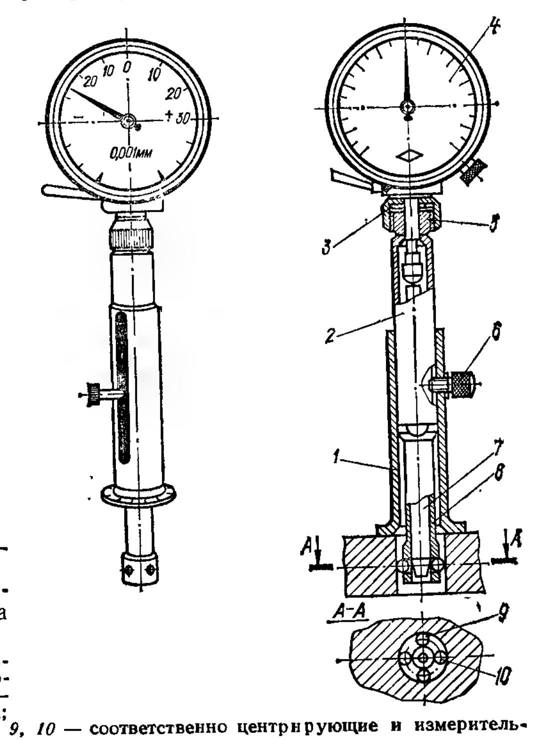


Рис. 71. Общий вид (*а*) и схема работы (*б*) индикаторного нутромера с ценой деления 0,001 мм:

1 — упор; 2 — корпус; 3 — разрезное пружинное кольцо; 4 — рычажно-зубчатая измерительная головка; 5 — гайка; 6 — стопорный винт; 7 — игла; 8 — сменная измерительная вставка; 9, 10 — соответственно центрирующие и измерительные шарики.

Нутромер. Индикатор устанавливается в нутромере так, чтобы использовался нормированный участок, находящийся в пределах второго оборота. Переместив от руки 2—3 раза подвижный измерительный стержень нутромера, необходимо убедиться в стабильной установке стрелки индикатора, отсутствии неплавности ее вращения, неплавности хода и заедания измерительного стержня.

В зависимости от размера измеряемой детали выбирается сменный измерительный стержень и предварительно закрепляется в головке нутромера путем ввинчивания его во втулку.

Прибор устанавливается на заданный размер (в нулевое положение) одним из трех способов: по аттестованному калибру-кольцу (рис. 75, *а*); по блоку плоскопараллельных концевых мер длины заданного размера, притертому к двум боковикам и закрепленному в державке (рис. 75, *б*); по микрометру, установленному на заданный размер и закрепленному в стойке (рис. 75, *в*).

При установке нутромера по аттестованному установочному кольцу центрирующий мостик необходимо поджать и нутромер осторожно ввести в кольцо с таким расчетом, чтобы линия измерения совпадала с отмеченным осевым сечением кольца, размер которого заранее измерен. При установке нутромера по блоку концевых мер (или микрометру) измерительные поверхности нутромера устанавливаются между боковиками (измерительными поверхностями микрометра).

У нутромеров, конструкция которых предусматривает фиксацию положения сменного измерительного стержня контргайкой, вращением сменного измерительного

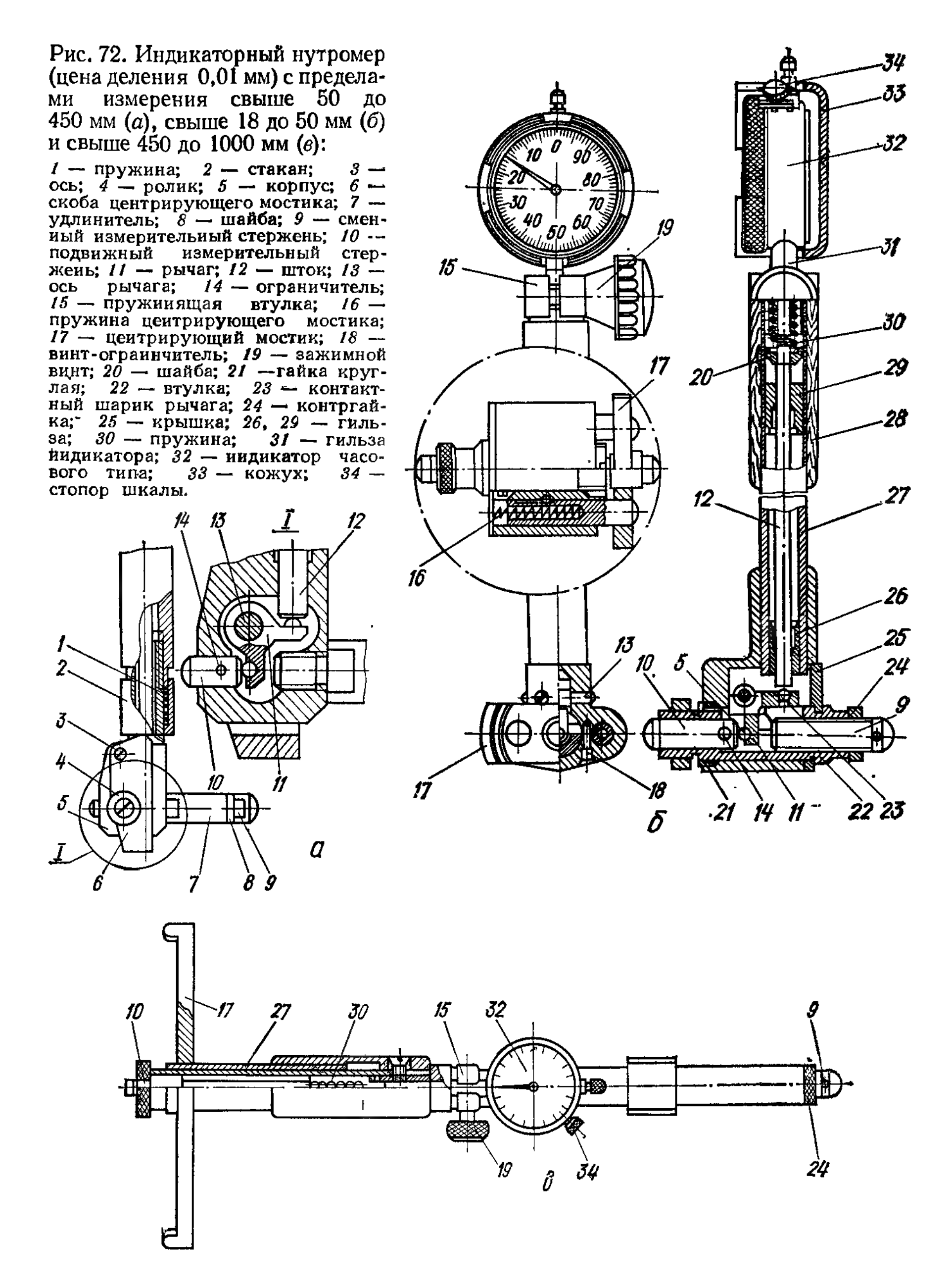


Рис. 72. Индикаторный нутромер (цена деления 0,01 мм) с пределами измерения свыше 50 до 450 мм (*а*), свыше 18 до 50 мм (*б*) и свыше 450 до 1000 мм (*в*):

1 — пружина; *2* — стакан; *3* — ось; *4* — ролик; *5* — корпус; *6* — скоба центрирующего мостика; *7* — удлинитель; *8* — шайба; *9* — сменный измерительный стержень; *10* — подвижный измерительный стержень; *11* — рычаг; *12* — шток; *13* — ось рычага; *14* — ограничитель; *15* — пружинящая втулка; *16* — пружина центрирующего мостика; *17* — центрирующий мостик; *18* — винт-ограничитель; *19* — зажимной винт; *20* — шайба; *21* — гайка круглая; *22* — втулка; *23* — контактный шарик рычага; *24* — контргайка; *25* — крышка; *26*, *29* — гильза; *30* — пружина; *31* — гильза индикатора; *32* — индикатор часового типа; *33* — кожух; *34* — стопор шкалы.

стержня измерительные поверхности нутромера доводятся до соприкосновения с установочным образцом. При этом обеспечивается перемещение измерительного стержня на половину его хода.

В конструкции нутромеров с неподвижными сменными стержнями регулировка положения сменного измерительного стержня обеспечивается подбором шайб, позволяющих производить установку прибора через 0,5 мм.

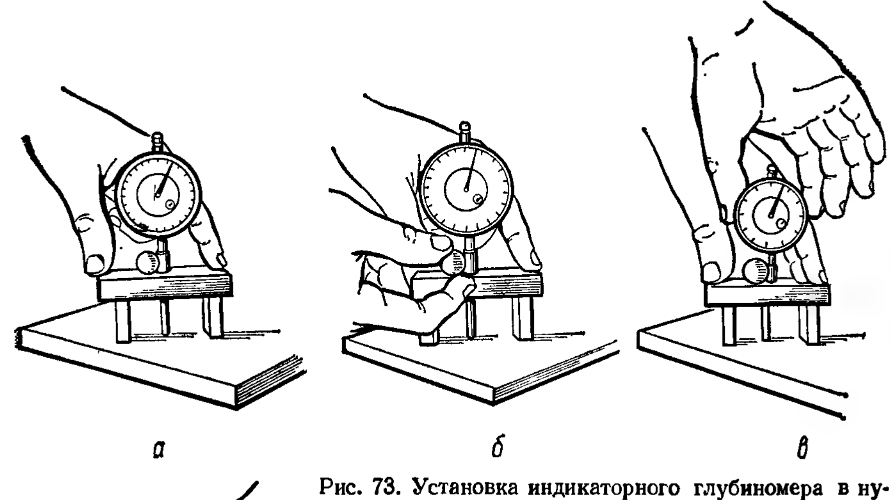


Рис. 73. Установка индикаторного глубиномера в нулевое положение.



Рис. 74. Измерение индикаторным глубиномером.

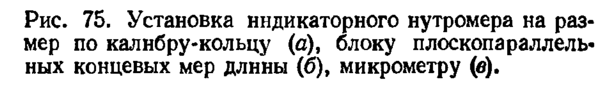
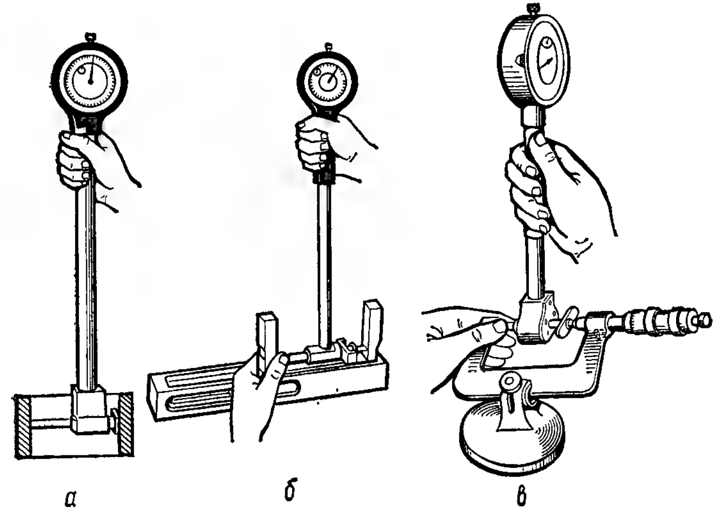


Рис. 75. Установка индикаторного нутромера на размер по калибру-кольцу (*а*), блоку плоскопараллельных концевых мер длины (*б*), микрометру (*в*).



Нулевому положению измерительного стержня нутромеров с верхним пределом измерения 50 мм и более соответствует совпадение кольцевой риски на измерительном стержне с плоскостью торца направляющей втулки.

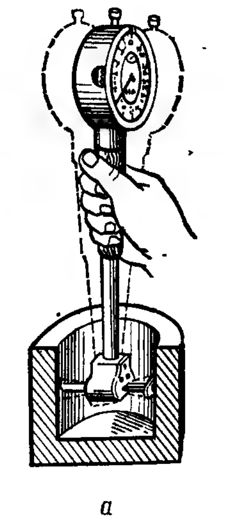
Закреплять окончательно сменный измерительный стержень желательно с учетом нормированного участка индикатора.

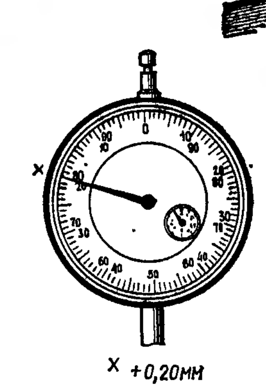
Покачивая нутромер в плоскости осевого сечения, следует найти предельную точку движения стрелки индикатора в направлении движения часовой стрелки и, вращая шкалу за ободок, совместить нулевой штрих шкалы со стрелкой (рис. 76). При наличии стопорного устройства шкала закрепляется.

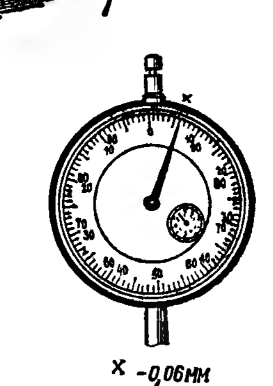
При измерении нутромер наклоняется и нажимом на центрирующий мостик и подвижный измерительный стержень осторожно, без ударов о стенки детали вводится в изме-

Рис. 76. Установка шкалы индикаторного нутромера на нуль.

Рис. 77. Измерение детали индикаторным нутромером (*а*) и примеры отсчета показаний (*б*).







ряемое отверстие. Установка нутромера перпендикулярно к оси отверстия (рис. 77, *а*) осуществляется небольшим покачиванием нутромера относительно детали для нахождения наименьшего размера при отсутствии перекоса (крайнее положение стрелки индикатора при ее движении по часовой стрелке).

Далее определяется отклонение от размера, на который был установлен индикаторный нутромер. Действительный размер измеряемой детали будет равен сумме блока концевых мер длины и показания прибора с учетом знака этого показания (рис. 77, *б*).

При определении знака следует помнить, что отклонение стрелки от нуля в направлении движения часовой стрелки указывает на уменьшение размера (отклонение берется со знаком минус), а отклонение в направлении против движения часовой стрелки — указывает на увеличение размера (отклонение берется со знаком плюс).

Глава V
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ
ПРИБОРЫ С ОПТИЧЕСКИМ РЫЧАГОМ
Измерительные пружинно-оптические головки (оптикаторы)

Оптикаторы предназначены для высокоточных измерений размеров и отклонений геометрической формы деталей относительным методом.

В измерительном механизме оптикаторов сочетаются механический и оптический рычаги. Механический рычаг связывает измерительный стержень прибора с поворачивающимся зеркалом. Оптическая система преобразует малые перемещения зеркала в удобные для отсчета перемещения светового потока с изображением указателя на шкале прибора.

Характеристики головок приведены в табл. 18. Конструкция этих приборов показана на рис. 78.

Измерительный наконечник *22* закрепляется на измерительном стержне *19* винтом *21*. Ход стержня вниз ограничивается гайкой-фиксатором *20*, ввернутой в крышку *23*. При транспортировке приборов фиксатор *20* заворачивается, не позволяя стержню с упругим передаточным механизмом перемещаться, и тем самым предотвращает повреждение механизма. При эксплуатации фиксатор освобождается.

Перемещение измерительного стержня *19* передается пружинной скрученной ленте *1* через угольник *15*. К середине ленты приклеено миниатюрное зеркало *2* размером 1,5 × × 1,5 × 0,1 мм, угол поворота которого пропорционален перемещению стержня. Исключение вибраций зеркала обеспечивается демпфером *13* (жидкостным успокоителем). Демп-

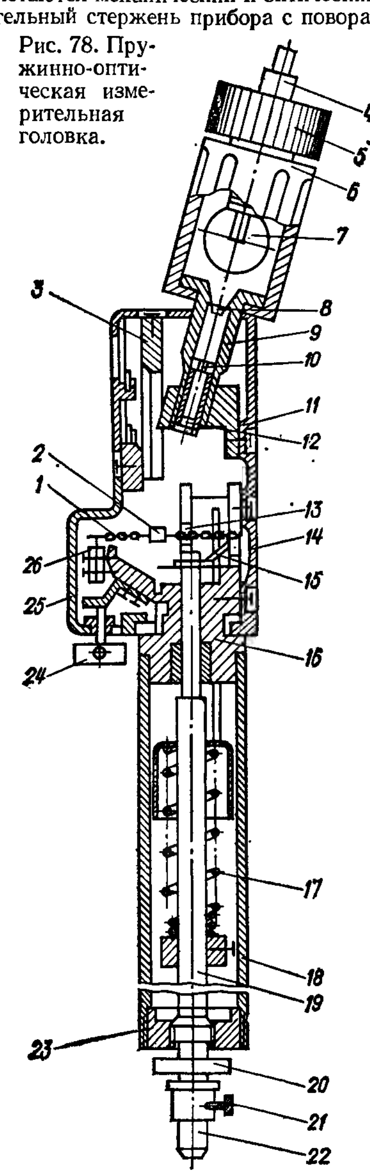


Рис. 78. Пружинно-оптическая измерительная головка.

18. Характеристики измерительных пружинно-оптических головок (по ГОСТ 10593—74)

Тип	Цена деления, мкм	Пределы измерений, мкм	Допускаемая погрешность, мкм, в пределах	
			всей шкалы	нормированного участка (в пределах 100 делений)
01П	0,1	±12	±0,1	±0,05
02П	0,2	±25	±0,2	±0,1
05П	0,5	±50	±0,4	±0,2
1П	1,0	±125	±0,8	±0,4

Примечания: 1. Измерительное усилие в головках всех типов не более 1,5 Н.

2. Приборы с ценой деления до 5 мкм устанавливаются на стойках типа С-I, с ценой деления 1 мкм — на стойках типа С-II.

фер представляет собой короткую трубку, охватывающую пружинную ленту. Трубка заполнена поликсилоксановой жидкостью. Передний конец пружинной ленты припаян к плоской пружине *26*.

Измерительный пружинный механизм оптикатора закрыт крышками *14* и *25*, присоединенными винтами к корпусу *16*. Винт *24* служит для установки прибора на ноль (регулировка в пределах ±6 делений).

В задней крышке оптикатора закреплен осветитель *4*, состоящий из источника света — лампы *7*, конденсора *8*, диафрагмы *10* с нитью и объектива *12*. Оптические детали для теплоизоляции заключены в фенопластовую обойму *9*, которая закрепляется в кронштейне *11*. Осветитель смонтирован в корпусе *6*, зажимаемом гайкой *5*. Лампа оптикатора подсоединяется к трансформатору, на котором установлена ручка регулировки яркости накала лампы. Световой поток от осветителя направляется на зеркало *2* и, отражаясь от него, в виде светового индекса проецируется на шкалу *3*.

Для установки пределов поля допуска оптикатор имеет цветные шторки-фильтры зеленого и красного цвета, положение которых регулируется винтами.

Измерительное усилие создается пружиной *17*. Оптикатор в стойках закрепляется за присоединительную гильзу *18*.

Оптиметры

С помощью оптиметров производятся высокоточные измерения размеров и отклонений геометрической формы деталей относительным методом. В измерительном механизме оптиметров сочетаются механический и оптический рычаги.

В зависимости от положения оси измерения оптиметры (табл. 19) могут быть вертикальными (ОВ) или горизонтальными (ОГ), от способа отсчета показаний — экранными (ОВЭ, ОГЭ) или окулярными (ОВО, ОГО). Горизонтальные оптиметры имеют бóльшие пределы измерения и более универсальны, чем вертикальные. Наличие проекционного отсчетного устройства в оптиметрах повышает точность и производительность измерения, снижает утомляемость наблюдателя.

19. Характеристики оптиметров (по ГОСТ 5405—75)

Прибор	Пределы показания, мм	Цена деления, мкм	Пределы измерения, мм			Измерительное усилие Н, не более	Допускаемая погрешность показания, мкм, на участке шкалы, мм			
			наружных размеров	внутренних размеров (с помощью приспособления с дугами): длин	внутренних размеров (с помощью приспособления с дугами): диаметров		от 0 до ±0,06	св. ±0,06	от 0 до ±0,015	св. ±0,015
ОВЭ-1 (ИКВ-3)	±0,1	1	0—200	—	—	1,5	±0,2	±0,3	—	—
ОВЭ-02 (ИКП-3)	±0,025	0,2	0—100	—	—	0,5—1,5	—	—	±0,07	±0,1
ИКГ-3 (ОГО-1)	±0,1	1	0—500	13,5—400	13,5—150	2—2,5	±0,2	±0,3	—	—
ОВО-1 (ИКВ)	±0,1	1	0—180	—	—	2	±0,2	±0,3	—	—
ИКГ	±0,1	1	0—350	—	13,5—150	2—2,5	±0,2	±0,3	—	—

Примечание. Оптиметры типа ИКГ-3 оснащены электроконтактной головкой с пределом измерения внутренних размеров 1—13,5 м.

Вертикальные оптиметры с окуляром типа ИКВ (ОВО-1) и с проекционным экраном типа ИКВ-3 (ОВЭ-1) применяются для контактных измерений наружных линейных размеров относительным методом с настройкой по концевым мерам 4 и 5-го разрядов (1 и 2-го классов), калибрам или деталям-образцам. На приборах производятся измерения плоскопараллельных концевых мер длины, диаметров калибров, шариков, проволоки, толщины листов и т. д.

Вертикальный оптиметр типа ОВО-1 показан на рис. 79, оптическая схема измерительной трубки оптиметра с окулярным отсчетом и его шкала — на рис. 80.

Лучи света, отражаясь от осветительного зеркала *1*, через осветительную призму *13* освещают шкалу *14*, нанесенную на стеклянной пластинке (деления нанесены на одной половине пластинки, а на другой — штриховой индекс). Пройдя призму полного внутреннего отражения *8* и объектив *7*, пучок лучей падает на зеркало *6*, отражается от него, возвращается в объектив *7*, снова проходит призму *8*, стеклянную пластинку *10* со шкалой и попадает в окуляр *11*. Зеркало *6* пружиной прижимается к измерительному стержню *4*. При перемещении измерительного стержня зеркало поворачивается вокруг оси, проходящей через центр опорных шариков *2* и *5*. При осевом перемещении измерительного стержня *4*, на котором закрепляется измерительный наконечник *3*, зеркало *6* будет отклоняться на некоторый угол, вследствие чего изображение шкалы *15* в поле зрения окуляра будет перемещаться относительно неподвижного индекса. Шкала со стороны окуляра закрыта осветительной призмой *13*, поэтому в поле зрения окуляра видны только индекс и изображение шкалы (шкала имеет по 100 делений с каждой стороны нуля, расположенных симметрично), которое перемещается относительно индекса на величину, пропорциональную углу наклона зеркала *6*. Установка трубки оптиметра на размер по блоку концевых мер заключается в приведении зеркала *6* в горизонтальное положение. Цветные шторки *12* позволяют установить на шкале, находящейся в нулевом положении, границы поля допуска, что облегчает работу при контроле партии одинаковых деталей.

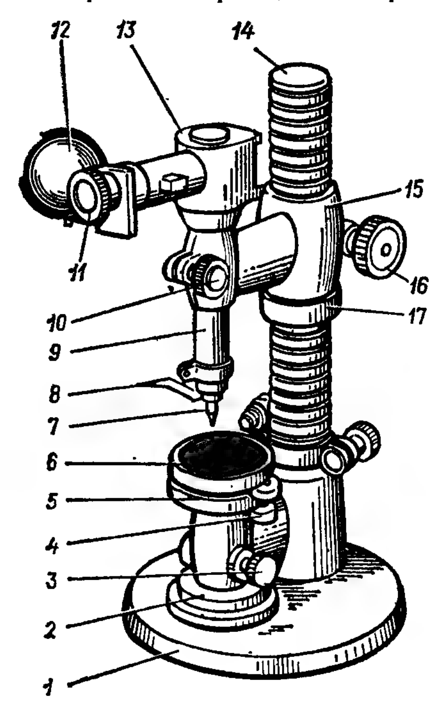


Рис. 79. Вертикальный оптиметр типа ИКВ (ОВО-1):

1 — основание; *2* — гайка перемещения стола; *3* — винт зажима стола; *4* — винт установки стола; *5* — основание стола; *6* — предметный стол; *7* — измерительный наконечник; *8* — арретир; *9* — трубка оптиметра; *10* — винт крепления трубки оптиметра; *11* — окуляр; *12* — осветительное зеркало; *13* — корпус трубки; *14* — колонка; *15* — кронштейн; *16* — винт зажима кронштейна; *17* — гайка перемещения кронштейна.

Оптиметры комплектуются сменными измерительными наконечниками. Сферические наконечники используются для измерения плоских и цилиндрических деталей диаметром более 10 мм, ножевидные — для цилиндрических деталей диаметром менее 10 мм, плоские — для сферических деталей.

Проекционный оптиметр ИКВ-3 (ОВЭ-1) показан на рис. 81. На основании *16* установлен основной ребристый стол *14*, регулируемый маховиками *15*. На поверхности стола имеются четыре резьбовых отверстия для крепления прижимной оправы сменных предметных столиков: ребристого круглого с выступающим средним ребром, гладкого круглого, ребристого круглого со сферическим агатовым наконечником, стола с выступающей пяткой, круглого гладкого с выступающей сферической вставкой.

Перемещение дополнительных столов в продольном и поперечном направлениях производится с помощью четырех винтов прижимной оправы.

Измерительная головка *9* крепится в кронштейне колонки *8* винтом *2*. Кронштейн с измерительной головкой может перемещаться по колонке с помощью гайки *12*. Точная установка измерительной головки (при настройке на размер) производится эксцентриком с помощью маховика *11* при открепленном винте *2*. Маховиком *10* осуществляется установка шкалы на нуль.

На передней стенке корпуса измерительной головки установлен экран, защищенный от бокового света блендой *3*.

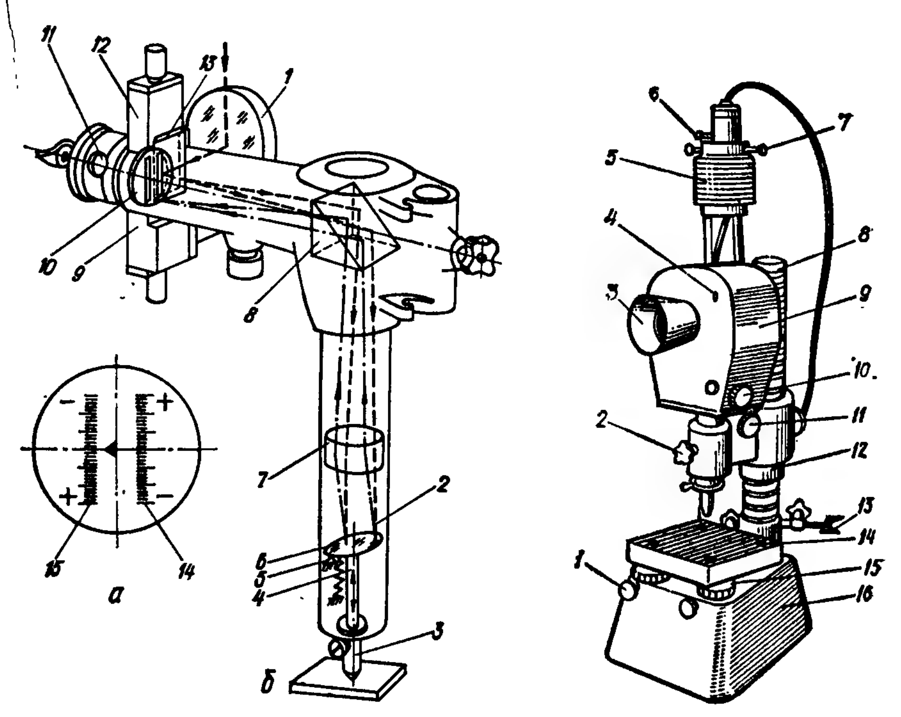


Рис. 80. Шкала (*а*) и оптическая схема (*б*) измерительной трубки оптиметра.

Рис. 81. Вертикальный проекционный оптиметр типа ОВЭ-1.

20. Предметные столы к оптиметрам

Тип оптиметра	Предметный стол	
	основной	дополнительный
ОВО-1	Круглый, гладкий с регулировкой измерительной плоскости в положение, параллельное плоскости измерительного наконечника	Прямоугольный, ребристый
ОВЭ-1 ОВЭ-02	Прямоугольный, ребристый	Круглый с выступающей пяткой (для измерения деталей с выточками и уступами); круглый, ребристый с выступающим средним ребром (для измерения концевых мер длины); круглый, гладкий (для измерения гладких калибров и шариков); круглый, ребристый со сферическим наконечником (для измерения плоскопараллельных концевых мер длины с номинальным размером до 20 мм); круглый, гладкий с выступающей сферической вставкой (для измерения тонких листовых деталей)

В отрегулированном положении маховики *15* закрепляются зажимными винтами *1*.

В нижней части головки находится пиноль с измерительным стержнем, на конце которого крепится измерительный наконечник (выбирается в зависимости от контролируемой детали). Измерительный стержень отводится с помощью арретира, а затем устанавливается измеряемая деталь.

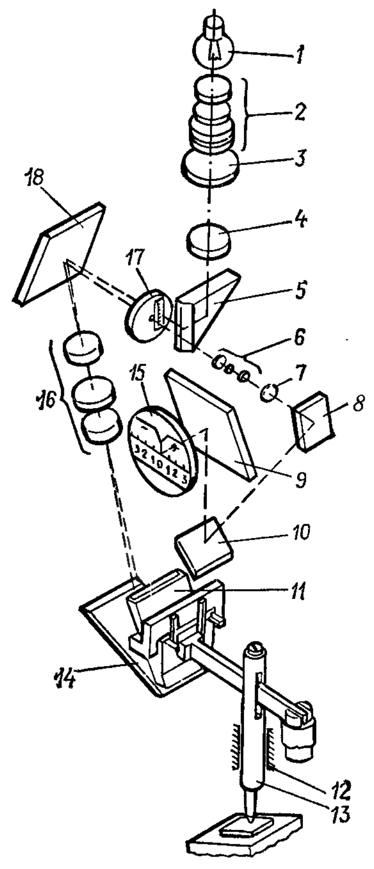


Рис. 82. Оптическая схема проекционных оптиметров.

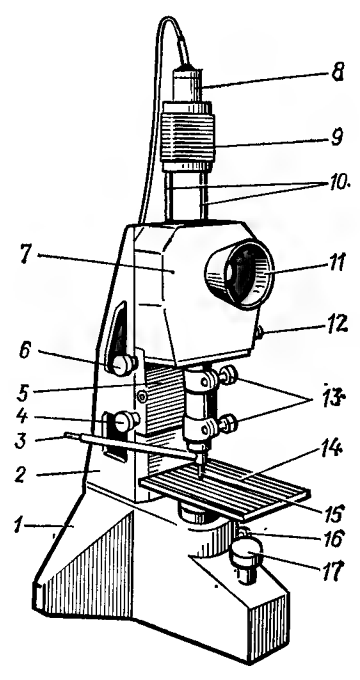


Рис. 83. Вертикальный проекционный оптиметр типа ОВЭ-02:

1 — основание; *2* — колонка; *3* — арретир; *4* — маховик перемещения кронштейна; *5* — кронштейн; *6* — винт крепления кронштейна; *7* — измерительная головка; *8* — патрон с проекционной лампой; *9* — тубус осветительной системы прибора; *10* — стойка; *11* — бленда; *12* — маховичок механизма установки шкалы на ноль; *13* — винты крепления головки в кронштейне; *14* — предметный стол; *15* — измерительный наконечник; *16* — винт крепления стола; *17* — винт микрометрической подачи стола.

В верхней части корпуса измерительной головки на двух стойках укреплен тубус *5* осветительной системы. В тубусе крепится патрон с проекционной лампой, который для регулировки освещенности можно перемещать внутри тубуса вдоль оптической оси при освобожденном винте *6*, а также перпендикулярно к оптической оси — с помощью регулировочных винтов *7*.

При фокусировке проекционной лампы рычагом *4* включается юстировочная линза. Осветительная система питается от трансформатора.

При контроле партии одинаковых деталей для их установки в одно и то же положение при измерениях пользуются упором *13* типа ласточкина хвоста, устанавливаемом в держателе, который в свою очередь закреплен на колонке *8* при помощи винта. Перемещение держателя по высоте осуществляется от руки. Этот же держатель служит для установки призмы.

Для точного измерения детали важно правильно выбрать предметный стол. Характеристика предметных столов к оптиметру и указания по их применению приведены в табл. 20.

Оптическая схема проекционного оптиметра показана на рис. 82.

Лучи света от лампы *1* через конденсор *2*, теплофильтр *3*, линзу *4* и призму *5* освещают правую сторону стеклянной пластины *17*, на которой нанесена шкала,

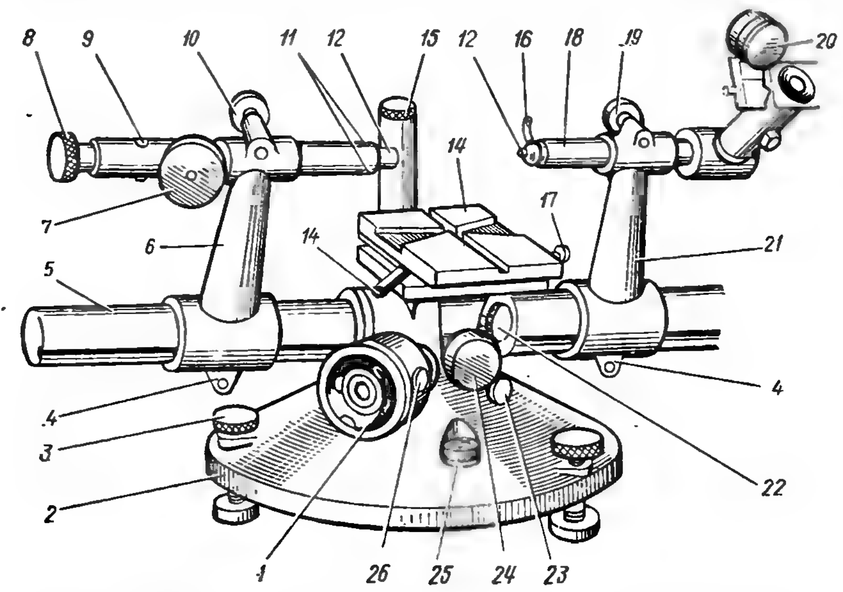


Рис. 84. Горизонтальный оптиметр с окуляром типа ИКГ:

1 — маховик вертикального перемещения стола; *2* — основание; *3* — регулировочный винт основания; *4* — стопорный винт кронштейна; *5* — вал; *6* — кронштейн пиноли; *7* — стопорный винт микрометрической подачи пиноли; *8* — микрометрический винт подачи пиноли; *9* — пиноль; *10* — винт зажима пиноли; *11* — винты регулировки положения измерительного стержня пиноли в радиальном направлении; *12* — измерительный наконечник; *13* — рукоятка поворота стола вокруг вертикальной оси; *14* — предметный стол; *15* — штатив для установки упора, приспособлений; *16* — арретир; *17* — винт поперечного перемещения стола; *18* — трубка оптиметра; *19* — винт зажима трубки оптиметра; *20* — осветительное зеркало; *21* — кронштейн трубки оптиметра; *22* — винт ограничения вертикального перемещения стола; *23* — винт крепления стола; *24* — эксцентрик поворота стола вокруг горизонтальной оси; *25* — уровень; *26* — стопор вертикального перемещения стола

расположенная в фокальной плоскости объектива *16*. Лучи света, пройдя плоскопараллельную пластину *17* и отразившись от зеркала *18*, попадают в объектив *16*. Затем, пройдя объектив и отразившись от зеркала *14*, они параллельным пучком падают на качающееся зеркало *11*, отражаются от него и, совершив обратный путь через объектив *16* и зеркало *18*, дают обратное изображение шкалы на левой части пластины *17*, где нанесен указатель отсчета (индекс). Изображение шкалы вместе с указателем проецируется объективом *6* через систему зеркал *8*, *10*, *9* на экран *15*.

Фокусировка и центровка лампы осветителя производится по ее нити, которая проецируется на экран объективом *6* и зеркалами *8*, *10*, *9* при включении дополнительной линзы *7* между объективом *6* и зеркалом *8*.

При осевом перемещении измерительного стержня *13* во втулке *12* зеркало *11* будет отклоняться на некоторый угол, вследствие чего изображение шкалы на экране также будет перемещаться относительно неподвижного индекса.

Вертикальный оптиметр с проекционным экраном типа ОВЭ-02 применяется для контактных измерений наружных линейных размеров относительным методом с настройкой по плоскопараллельным концевым мерам длины 3 и 4-го разрядов (0 и 1-го классов). На приборе производятся измерения плоскопараллельных концевых мер длины, диаметром калибров, шариков и т. д.

Конструкция прибора показана на рис. 83.

Горизонтальные оптиметры применяются для контактных измерений наружных и внутренних линейных размеров с настройкой по концевым мерам 4 и 5-го разрядов (1 и 2-го классов), калибрам или деталям-образцам.

Измерительная трубка горизонтального оптиметра аналогична трубке вертикального (см. рис. 80).

Горизонтальный оптиметр с окуляром типа ИКГ показан на рис. 84. Стол оптиметра установлен на колонке и имеет механизм для перемещения в трех взаимно перпендикулярных направлениях и вращения вокруг поперечной горизонтальной и вертикальной осей. Вертикальное перемещение стола обеспечивается в результате вращения маховика *1*, поперечное — винта *17*. В продольном направлении перемещается только накладная верхняя часть стола, установленная на шариковых опорах. Вокруг вертикальной оси стол поворачивается при помощи рукоятки *13*. Поворот стола относительно поперечной горизонтальной оси осуществляется эксцентриком *24*.

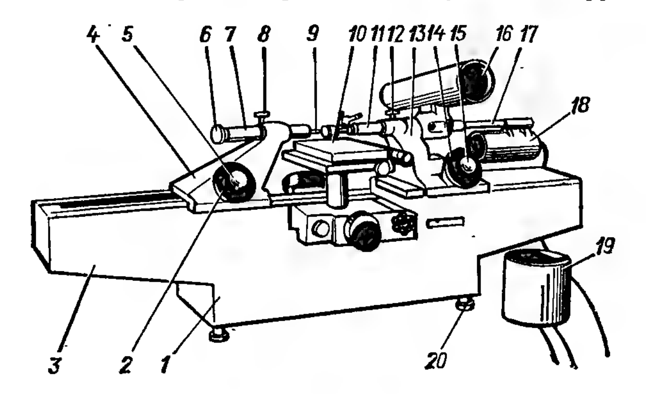


Рис. 85. Горизонтальный оптиметр типа ИКГ-3 (ОГО-1) с проекционной насадкой ПН-13.

Измерение производится измерительными наконечниками *12*, надетыми на измерительные стержни пиноли и трубки оптиметра. Установка на размер осуществляется перемещением кронштейнов с пинолью и трубкой.

Горизонтальный оптиметр типа ИКГ-3 с проекционной насадкой ПН-13 показан на рис. 85. Оптиметр состоит из основания *1*, пинольной бабки *4* и измерительной бабки *13* с трубкой оптиметра *11*, предметного столика *10* и комплекта приспособлений. Пинольная и измерительная бабки перемещаются по направляющим *3*. Три опоры основания прибора с регулировочными винтами *20* позволяют установить направляющие в горизонтальном положении по уровню.

Пинольная бабка *4* перемещается по направляющим с помощью маховика *2* и в требуемом положении крепится зажимным винтом *5*. В верхней части бабки помещена пиноль *7*, измерительный стержень которой с помощью микрометрического винта 6 перемещается вдоль оси. Стержень закрепляется в требуемом положении винтом *8*.

На правом конце стержня установлен штифт, на котором крепится сменный измерительный наконечник *9*. Штифт с помощью двух регулировочных винтов и шарнира может наклоняться на небольшой угол.

Измерительная бабка *13* перемещается по направляющим маховиком *14* и крепится в требуемом положении зажимным винтом *15*. В верхней части бабки с помощью зажимного винта *12* закрепляется трубка оптиметра *11*.

Предметный стол *10* служит для установки и закрепления измеряемых деталей и приспособлений, которые применяются для расширения возможности прибора. В комплект приспособлений входят: вертикальные и горизонтальные центры, предназначенные для быстрого и надежного крепления измеряемых цилиндрических деталей; электроконтактная головка для измерения диаметров гладких калибров размером от 1 до 13,5 мм; измерительные дуги для измерения внутренних диаметров; устройство для измерения среднего диаметра резьбы от 17 до 50 мм с шагом от 1,5 до 3,5 мм и др.

Отсчет показаний оптиметра производится либо по изображению шкалы в окуляре трубки оптиметра, либо (при использовании проекционной насадки) по проекции шкалы и индекса на экране *16* насадки.

В оптическую схему насадки входят зеленый светофильтр, устанавливаемый на окуляр трубки оптиметра, призма, зеркало и экран. Тубус осветителя *18* проекционной насадки жестко связан с кронштейном *17* и штангой. Кронштейн в нижней

части штанги обеспечивает определенное положение осветителя относительно зеркала подсветки шкалы трубки оптиметра. Лампа осветителя проекционной насадки питается через трансформатор *19*.

Для настройки освещения в верхней части тубуса имеется патрон осветительной лампы, который можно перемещать относительно неподвижного конденсора как вдоль оптической оси непосредственно от руки, так и перпендикулярно к ней с помощью винтов.

Порядок измерений

Пружинно-оптическая головка. Измерения производятся следующим образом. Измерительная головка закрепляется за гильзу *9* в кронштейне *18* стойки винтами *8* (рис. 86). На измерительный стол *4* стойки под измерительный наконечник *20* головки устанавливается блок плоскопараллельных концевых мер длины, размер которого равен номинальному размеру измеряемой детали.

Кронштейн с закрепленной в нем измерительной головкой опускается по колонке *22* стойки вращением маховика перемещения кронштейна *17* до тех пор, пока между наконечником и концевой мерой не останется небольшой просвет. В этом положении кронштейн закрепляется на колонке винтами *16* и *19*. Установка головки на размер (на нулевое деление шкалы) производится подъемом стола *4* при помощи микровинта *3* и рычага *2*, расположенных в основании *1*. Поднимать стол следует плавно, не допуская удара измерительного наконечника о блок концевых мер. После подъема стол закрепляется винтом *21*. Окончательная, более точная установка прибора на нулевое положение осуществляется вращением винта *10* установки шкалы на ноль. Блок концевых мер необходимо помещать на столике так, чтобы середина меры лежала против оси измерительного стержня.

Для проверки постоянства показаний измерительной головки 2—3 раза при помощи арретира *6*, закрепленного на гильзе с помощью хомута *7*, приподнимается измерительный стержень и плавно опускается.

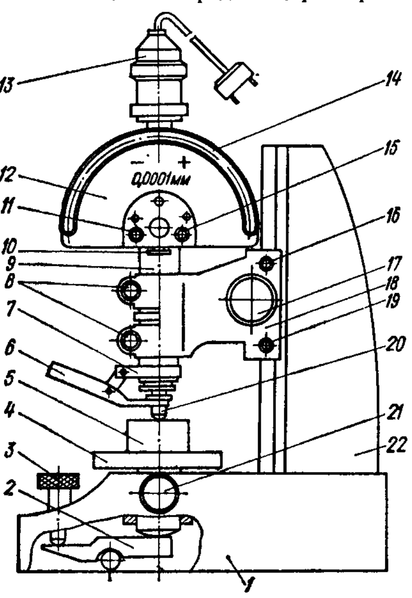


Рис. 86. Пружинно-оптическая измерительная головка в стойке.

Затем снимается блок мер при слегка приподнятом арретиром *6* измерительном стержне. Под измерительный наконечник головки подводится измеряемая деталь *5*, затем стержень осторожно опускается до соприкосновения измерительного наконечника *20* с поверхностью детали. Если деталь имеет цилиндрическую форму, то чтобы избежать неправильного отсчета, деталь следует плотно прижимать к столу и, слегка перекатывая под измерительным наконечником, следить за движением светового индекса.

Отсчет показаний производится по световому индексу, проецируемому на шкалу *14* (его положение указывает знак и отклонение размера детали от размера блока концевых мер). Действительный размер измеряемой детали равен сумме размера блока концевых мер и показания прибора с учетом знака показания. Осветитель *13* оптической системы закреплен на корпусе *12* оптикатора. Положение светофильтров-указателей поля допуска регулируется винтами *11* и *15*.

Оптиметр типа ИКВ. Для проверки перпендикулярности оси измерительного стержня к плоскости предметного стола на стержне укрепляется плоский измерительный наконечник, а к столу притирается плоскопараллельная концевая мера длины размером 10—20 мм. Поворотом зеркала *12* свет направляется в осветительную призму. При отстопоренном винте *16* вращением гайки *17* кронштейн с трубкой опти-

метра опускается до соприкосновения измерительного наконечника *7* с концевой мерой (см. рис. 79). Момент касания отмечается по перемещению изображения шкалы в окуляре. Затем кронштейн стопорится винтом *16* и проводятся измерения. Для этого мера устанавливается относительно измерительного наконечника в положениях I, II, III и IV (рис. 87, *а*). Если измерительная плоскость наконечника не параллельна плоскости стола (рис. 87, *б*), то показания оптиметра при различных положениях меры будут отличаться друг от друга. Вращением накатанных головок *10* предметный стол (рис. 87, *в*) устанавливается так, чтобы во всех четырех положениях меры под измерительным наконечником показания оставались одинаковыми.

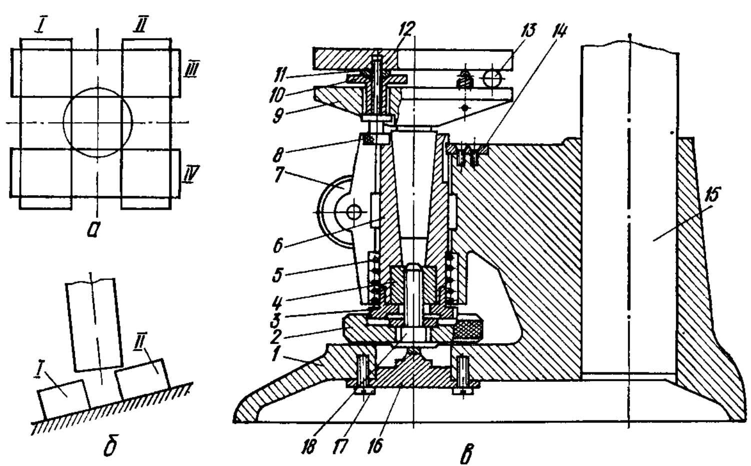


Рис. 87. Конструкция и схема установки стола оптиметра перпендикулярно к оси измерительного стержня:

1 — основание; *2* — гайка перемещения стола; *3* — микрометрическая гайка; *4* — упорная втулка; *5* — пружина; *6* — коническая втулка; *7* — винт зажима стола; *8* — винт; *9* — основание стола; *10* — накатанные головки установки стола; *11* — шпилька; *12* — предметный стол; *13* — шарик; *14* — шпонка; *15* — колонка; *16* — подпятник; *17* — винты; *18* — микрометрический винт.

На измерительный стержень надевается и закрепляется наконечник в зависимости от размеров и формы детали. Плоские наконечники применяются при измерении сферических деталей, ножевидные — при измерении цилиндрических, диаметром менее 10 мм, сферические — при измерении цилиндрических, диаметром более 10 мм, и плоских деталей.

Шкала прибора настраивается на нуль по блоку плоскопараллельных концевых мер длины, размер которого равен номинальному размеру измеряемой детали. При отстопоренном винте зажима *3* вращением гайки *2* (см. рис. 79) предметный стол переводится в нижнее положение. На стол устанавливается блок плоскопараллельных концевых мер длины заданного размера и притирается к столу. Винт *16* (см. рис. 79) отстопоривается и вращением гайки кронштейн с трубкой плавно опускается до соприкосновения измерительного наконечника с блоком концевых мер. Момент касания будет заметен по движению изображения шкалы при наблюдении в окуляр. Опускать кронштейн следует плавно, не допуская удара наконечника о поверхность блока концевых мер. В результате плавного вращения гайки нулевое значение шкалы установится против индекса или несколько ниже. После этого кронштейн закрепляется. Окончательная установка прибора на нуль производится вращением гайки подъема стола (рис. 88) до тех пор, пока против индекса установится нулевой штрих. В этом положении стол закрепляется. Для проверки правильности установки прибора на нуль следует при помощи арретира 2—3 раза поднять и опустить измерительный наконечник. Если после арретирования изображение шкалы не будет возвращаться в исходное положение, то необходимо отстопорить винт крепления стола и повторить установку прибора на нуль.

После окончательной установки прибора на нуль при помощи арретира поднимается наконечник и со стола снимается блок концевых мер. На его место устанавливается измеряемая деталь и измерительный наконечник плавно опускается до соприкосновения с деталью (рис. 89, *а*). Арретированием проверяется постоянство показаний. Затем по шкале оптиметра определяется отклонение размера детали от размера блока концевых мер (рис. 89, *б*). Действительный размер детали будет равен сумме размера блока концевых мер и показания прибора с учетом знака этого показания.

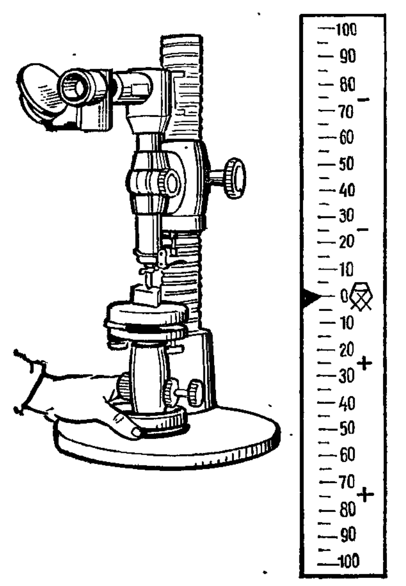
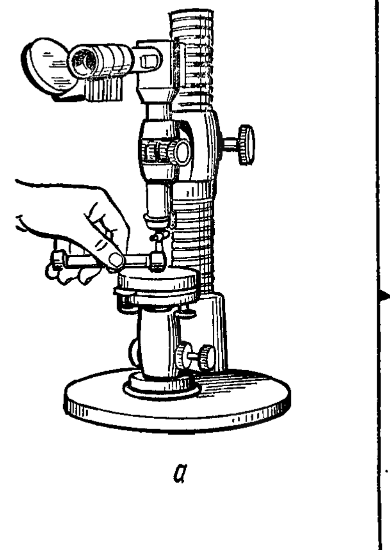


Рис. 88. Установка прибора на нуль.



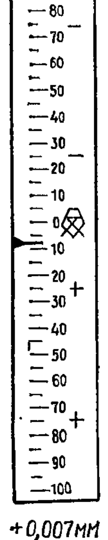


Рис. 89. Измерение детали (*а*) и отсчет показаний (*б*).

После окончания измерения проверяется нулевая установка прибора по тому же блоку концевых мер. Отклонение не должно превышать одного деления шкалы.

Оптиметр типа ОВЭ-1. Для проверки перпендикулярности оси измерительного стержня к плоскости предметного стола на стержне укрепляют плоский измерительный наконечник, к столу притирается плоскопараллельная концевая мера длины размером 10—12 мм. Включается проекционная лампа и перемещением в тубусе при помощи рычага *6* патрона с лампой добиваются равномерного освещения экрана (рис. 81). Для этого включается юстировочная линза. Вращением гайки *14* (рис. 81) кронштейн с измерительной головкой опускается до соприкосновения измерительного наконечника с концевой мерой. Момент касания отмечается по перемещению изображения шкалы на экране. В этом положении кронштейн стопорится и производятся измерения.

Порядок дальнейших действий такой же, как при измерениях оптиметром типа ИКВ.

После установки стола параллельно плоскости наконечника его положение фиксируется винтами *1* (рис. 81), мера снимается и вращением гайки *12* кронштейн с головкой поднимается.

На конец измерительного стержня закрепляется измерительный наконечник (плоский, сферический или ножевидный), выбранный в зависимости от размеров и формы детали (см. стр. 86).

Для измерения деталей, установка которых на основной ребристый стол затруднена, на предметном столе закрепляется накладной столик.

Настройка шкалы прибора на нуль производится по блоку плоскопараллельных концевых мер длины, размер которого равен номинальному размеру измеряемой детали. Предварительная установка прибора на нуль производится перемещением крон-

штейна с головкой по колонке при помощи гайки *12*. Опускать кронштейн следует плавно, не допуская удара наконечника о поверхность блока концевых мер. Момент касания будет заметен по движению изображения шкалы на экране. Изображение шкалы устанавливается в такое положение, когда нулевое значение шкалы располагается примерно против индекса. После этого кронштейн закрепляется. Точная уста-

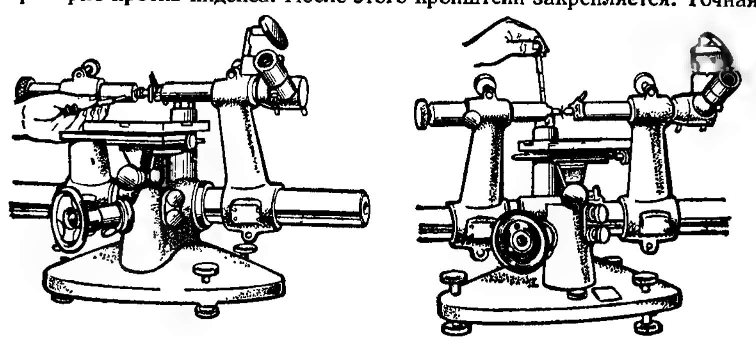


Рис. 90. Регулировка взаимного положения наконечников пиноли и трубки в горизонтальной (*а*) и вертикальной (*б*) плоскостях.

новка измерительной головки производится вращением маховика *11* при открепленном винте *2* (см. рис. 81). После этого головка закрепляется. Окончательная установка шкалы на нуль осуществляется вращением маховичка *10*. Правильность нулевой установки проверяется так же, как и в других приборах арретированием.

При помощи арретира наконечник поднимается, со стола снимается блок концевых мер и на его место устанавливается деталь. По показаниям прибора определяется отклонение размера детали от размера блока концевых мер.

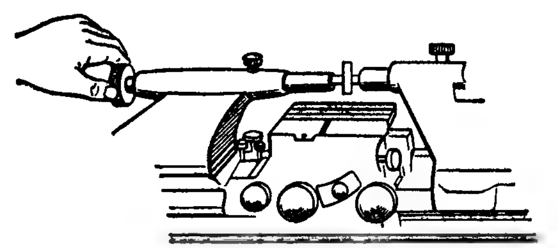


Рис. 91. Установка шкалы оптиметра в нулевое положение при регулировке взаимного положения наконечников.

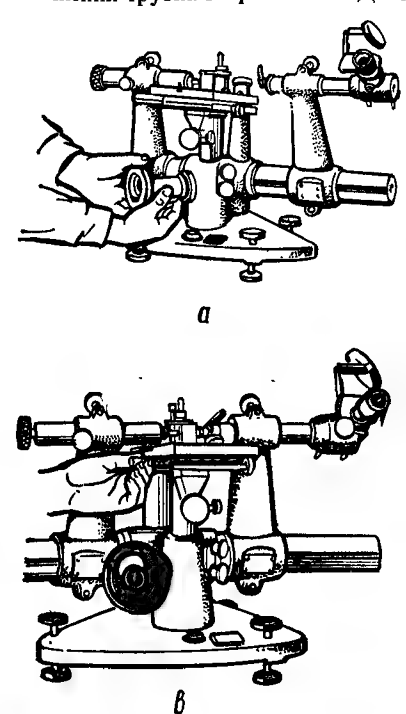
После окончания измерения проверяется нулевая установка прибора по тому же блоку концевых мер, отклонение не должно превышать одного деления шкалы.

Оптиметры типа ИКГ. В зависимости от формы измеряемой детали выбираются измерительные наконечники — плоский, ножевидный или сферический (см. стр. 86). Выбранные наконечники устанавливаются на измерительные стержни трубки и пиноли и закрепляются. Далее производится регулировка взаимного положения наконечников (оси измерительных стержней пиноли и трубки должны находиться на одной прямой). Для этого кронштейны пиноли и трубки оптиметра сдвигаются так, чтобы между наконечниками осталось расстояние 1—2 мм.

Для оптиметра типа ИКГ-3 пинольная и измерительные бабки перемещаются с помощью соответствующих маховиков. После этого кронштейны закрепляются. Между наконечниками устанавливается концевая мера размером 0,5—2 мм. Вращением микрометрического винта пиноли измерительные наконечники приводятся в соприкосновение с поверхностями меры и шкала оптиметра устанавливается приблизительно на нуль. В случае применения сферических наконечников необходимо добиться вращением установочных винтов наибольшего показания оптиметра, при плоских — наименьшего (рис. 90 и 91). После этого концевая мера снимается.

Настройка шкалы прибора на нуль выполняется по блоку плоскопараллельных концевых мер длины, размер которого равен номинальному размеру измеряемой детали. Блок концевых мер длины устанавливается на предметный стол непосредственно или же закрепляется струбциной. Отстопорив винт 26 крепления вертикального пере-

мещения стола (см. рис. 84), вращением маховика *1* стол *14* поднимается на такую высоту, чтобы измерительные наконечники находились против срединной точки мер. При таком положении стола стопорный винт закрепляется (рис. 92, *а*). После этого подвигаются кронштейны *6* и *21* соответственно пиноли и трубки оптиметра так, чтобы между измерительными наконечниками и блоком концевых мер оставался небольшой зазор. При освобожденном винте *19* (см. рис. 84) трубку осторожно передвигают до тех пор, пока в поле зрения окуляра появится изображение шкалы, и в этом положении трубка закрепляется. Далее освобождается винт *7* (рис. 84) и вращением



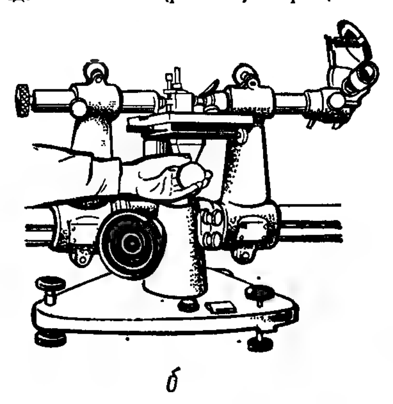


Рис. 92. Установка предметного стола оптиметра:

а — по высоте; *б* — относительно горизонтальной оси; *в* — относительно вертикальной оси.

микрометрического винта подачи пиноли *8* устанавливается изображение шкалы прибора приблизительно на нуль.

Для оптиметров типа ИКГ-3 измерительные наконечники приводятся в контакт с блоком мер путем перемещения пинольной и измерительной бабок. Изображение шкалы устанавливается на нуль вращением микрометрического винта пиноли. Покачиванием стола эксцентриком вокруг горизонтальной оси (рис. 92, *б*) находится такое положение концевой меры вместе с предметным столом оптиметра, при котором в окуляре будет наблюдаться наименьший отсчет по шкале. В этом положении стол закрепляется винтом. Затем стол поворачивают вокруг вертикальной оси (рис. 92, *в*) для того, чтобы добиться получения наименьшего отсчета по шкале. При таком положении концевой меры вращением микрометрического винта пиноли изображение шкалы устанавливается на нуль (рис. 93), и закрепляется измерительный стержень пиноли. Для проверки правильности установки на нуль измерительный наконечник трубки 3—5 раз отводится арретиром. При помощи вращения микрометрического винта пиноли корректировка производится до тех пор, пока показания шкалы при повторных установках не станут постоянными.

После окончания настройки прибора измерительный стержень отводится арретиром, снимается блок концевых мер и на стол устанавливается измеряемая деталь (рис. 94 и 95). При измерении наружных размеров установка детали в правильное положение по отношению к линии измерения осуществляется в зависимости от формы детали. Измерение размеров плоскопараллельных поверхностей деталей (например, поверка концевых мер длины) выполняются так же, как установка оптиметра на размер. Поочередными поворотами стола вокруг вертикальной оси и покачиванием стола вокруг горизонтальной оси добиваются наименьших показаний прибора, которые будут соответствовать отклонению от длины установочной меры. При измерении деталей цилиндрической формы (например, калибров-пробок) могут быть два положения:

ось детали располагается либо параллельно плоскости стола, либо перпендикулярно к ней. В первом случае после установки оптиметра по блоку концевых мер измерительный наконечник трубки оптиметра отводится арретиром, меры снимаются, стол опускается вниз и деталь закрепляется на столе в призме. Затем стол устанавливается в по-

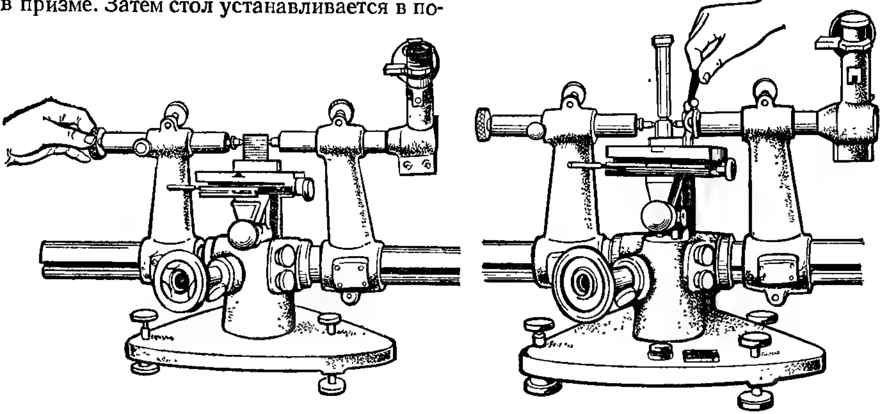


Рис. 93. Установка шкалы в нулевое положение.

Рис. 94. Измерение наружных размеров деталей.

ложение, при котором измерительные наконечники касаются поверхности цилиндра. Далее, наблюдая в окуляр, следует перемещать стол в вертикальном направлении, поднимая его и опуская, добиваясь наибольших показаний по шкале оптиметра. После этого, поворотом стола вокруг вертикальной оси находится наименьший отсчет по шкале. Измерения продолжают до тех пор, пока наибольшее показание при перемещении стола не совпадет с наименьшим показанием при повороте. Во втором случае

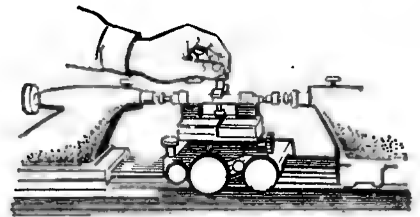


Рис. 95. Установка измеряемой детали.

Рис. 96. Приспособление для измерения внутренних размеров:

1 — измерительная дуга; *2* — ось; *3* — винт крепления дуги; *4* — держатель дуги; *5* — рычаг арретира; *6* — пружина; *7* — захват; *8* — трубка оптиметра; *9* — стопорный винт; *10* — резьбовое упорное кольцо; *11* — измерительный наконечник трубки оптиметра; *12* — шарик; *13* — измерительный наконечник дуги

при измерении стол перемещается в поперечном направлении перпендикулярно к оси измерения (по направлению к наблюдателю и обратно) и покачивается вокруг горизонтальной оси. Наибольшее показание при перемещении должно совпадать с наименьшим показанием при покачивании.

При измерении сферических деталей (шариков) стол перемещается в вертикальном и поперечном направлениях до тех пор, пока наибольшие показания шкалы прибора не совпадут.

Для измерения размеров внутренних гладких поверхностей, например калибров-

скоб, колец, оптиметр снабжен приспособлением, состоящим из двух держателей и двух измерительных дуг (рис. 96). Дуги подвешены в держателях так, что они могут иметь качательное движение только в плоскости измерения и находится под действием пружин, поддерживающих постоянный контакт дуг с измерительными наконечниками. Один держатель надевается на пиноль, другой — на трубку оптиметра. Измерения производятся в следующем порядке. На измерительных стержнях трубки и пиноли закрепляются плоские наконечники и их взаимное положение регулируется так, чтобы измерительные поверхности были параллельны друг другу. На трубку оптиметра и пиноль надеваются до упора и закрепляются винтами соответствующие держатели вместе с установленными на них дугами. После этого кронштейны сдвигаются

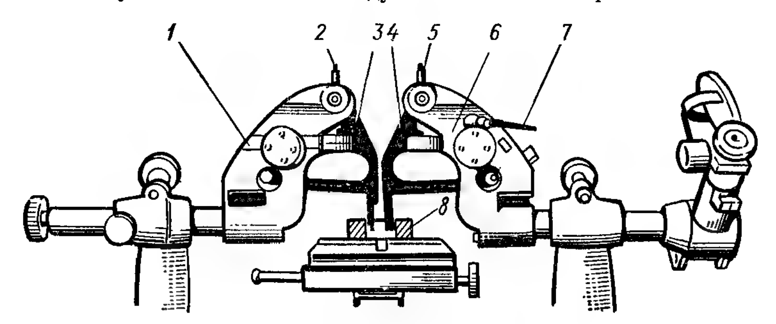


Рис. 97. Измерение внутренних размеров:

1 — левый держатель; *2* — винт крепления дуги пиноли; *3*, *4* — измерительные дуги; *5* — винт крепления дуги трубки; *6* — правый держатель; *7* — арретир; *8* — измеряемая деталь.

так, чтобы выступ дуги пиноли вошел в паз дуги трубки. Если при этом обнаруживается перекос, то необходимо освободить зажимные винты и повернуть держатели так, чтобы выступ и паз совместились, а дуги заняли вертикальное положение. Установка оптиметра на размер производится по блоку концевых мер с притертыми боковиками или аттестованному кольцу. Движением стола установленный на нем блок мер выводится на линию наконечников дуг так, чтобы их концы находились между боковиками, притертыми к блоку мер. Затем кронштейны раздвигаются и закрепляются в таком положении, при котором наконечники коснутся боковиков, а изображение шкалы оптиметра переместится в левую сторону поля зрения окуляра. Вращением микрометрического винта пиноли *8* (см. рис. 84) при отпущенном винте *7* изображение шкалы предварительно устанавливается на нуль. Точная установка осуществляется поочередными поворотами стола вокруг вертикальной оси и покачиванием стола вокруг горизонтальной оси до тех пор, пока не будет получено наименьшее показание оптиметра. Когда наименьший отсчет по шкале будет одинаковым в обоих случаях, вращением микрометрического винта пиноли шкала устанавливается в нулевое положение. Затем арретированием проверяется правильность установки нулевого положения, после чего измерительный стержень пиноли закрепляется окончательно. Далее стол опускается и на место блока концевых мер устанавливается деталь (рис. 97). Последовательность перемещений стола при измерении размеров между плоскопараллельными поверхностями (например, калибров-скоб) такая же, как при измерении наружных размеров деталей с плоскими поверхностями. При измерении диаметров цилиндрических отверстий стол перемещается так же, как это делается при измерении наружных цилиндрических поверхностей.

ДЛИНОМЕРЫ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Типы, конструкция и назначение

Оптические длиномеры предназначены для измерений с высокой точностью наружных (вертикальные длиномеры), наружных и внутренних (горизонтальные длиномеры) линейных размеров деталей путем определения перемещения образцовой линейной шкалы, установленной на одной оси с измерительным стержнем. С помощью

длиномеров производятся измерения абсолютным и относительным методами цилиндрических и резьбовых калибров, изделий призматической формы, внутренних диаметров гладких и резьбовых колец, диаметров шариков и проволоки, толщины листов и т. д.

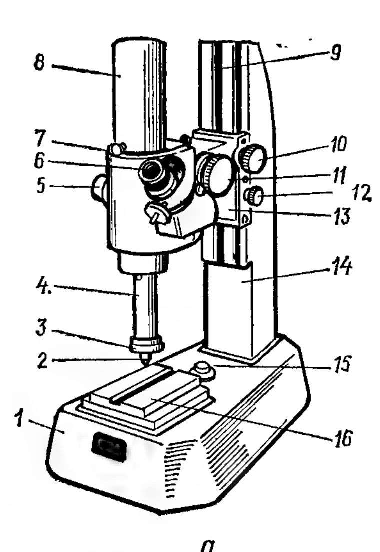
21. Характеристики оптических длиномеров (по ГОСТ 14028—68)

Длиномер	Тип	Пределы измерения размеров, мм		Измерительное усилие, Н, не более	Допускаемая погрешность показания, мкм, при измерении размеров	
		наружных	внутренних		наружных	внутренних
Горизонтальный	ИКУ-2	0—500	5—400	1,8—2,5	$\pm(1,4+L/140)$	$\pm(1,9+L/140)$
Вертикальный	ИЗВ-3	0—250	—	1,2±0,5	$\pm(1,2+L/120)$	—
	ИЗВ-2	0—250	—	2,5	$\pm(1,4+L/160)$	—

Примечание. Цена деления приборов 1 мкм, пределы измерений по миллиметровой шкале 0—100 мм, по микрометровой — ±0,1 мм.

Длиномеры выпускаются следующих типов: вертикальные с окуляром (ДВО), вертикальные с проекционным экраном (ДВЭ), горизонтальные с экраном (ДГЭ).

Горизонтальные длиномеры имеют бо́льшие пределы измерения и более универсальны, чем вертикальные. Применение проекционного отсчетного устройства по сравнению с окулярным повышает точность и производительность измерения.



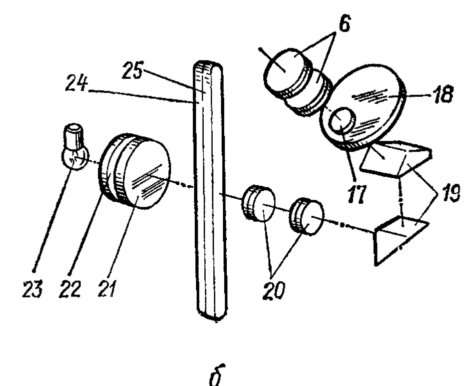


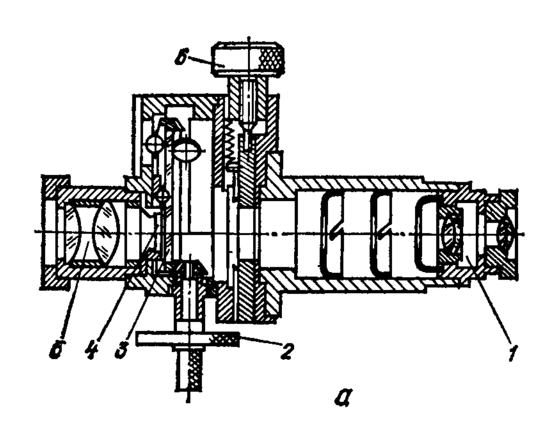
Рис. 98. Вертикальный длиномер с окуляром типа ИЗВ-2:

1 — основание; *2* — измерительный наконечник; *3* — грузовая шайба; *4* — измерительный стержень; *5* — патрон с проекционной лампой; *6* — окуляр; *7* — стопорный винт; *8* — корпус головки; *9* — зубчатая рейка; *10* — маховичок перемещения кронштейна с измерительной головкой; *11* — маховичок перемещения измерительного стержня; *12* — тормозной винт; *13* — кронштейн; *14* — колонка; *15* — уровень; *16* — предметный стол; *17* — неподвижная окулярная сетка со шкалой десятых долей миллиметра и указателем-индексом; *18* — поворотная окулярная сетка с двойными витками спирали Архимеда и круговой шкалой сотых и тысячных долей миллиметра; *19* — призмы; *20* — объектив; *21* — конденсор; *22* — теплофильтр; *23* — источник света; *24* — покровное стекло; *25* — стеклянная миллиметровая шкала.

Основные характеристики длиномеров приведены в табл. 21.

Вертикальный длиномер типа ИЗВ-2 (ДВО) с окулярным отсчетом представлен на рис. 98, *а*. Оптическая схема отсчетного устройства длиномера показана на рис. 98, *б*. Составной частью отсчетного устройства является спиральный микроскоп (рис. 99, *а*). Объектив *1* микроскопа фокусирует изображение основной миллиметро-

вой шкалы длиномера в фокальную плоскость окуляра *5*, где расположены поворотная *3* и неподвижная *4* окулярные сетки. Эти сетки образуют спиральный нониус микроскопа с ценой деления 0,001 мм. Ручка *2* служит для вращения поворотной окулярной сетки *3*. При помощи винта *6* окуляр вместе с нониусом перемещается относительно объектива.



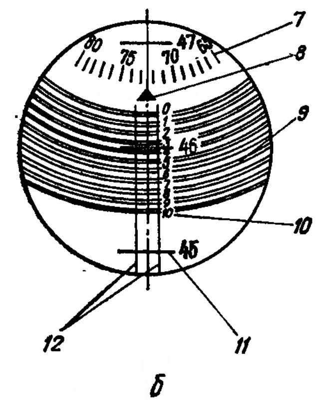


Рис. 99. Устройство (*а*) и поле зрения (*б*) спирального окулярного микроскопа.

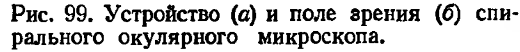
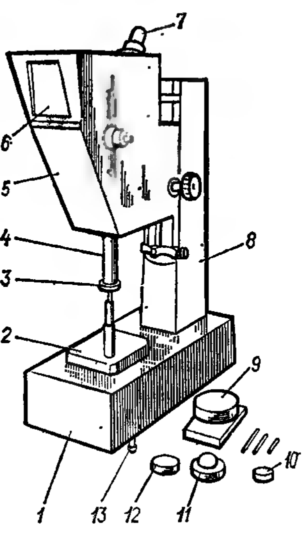
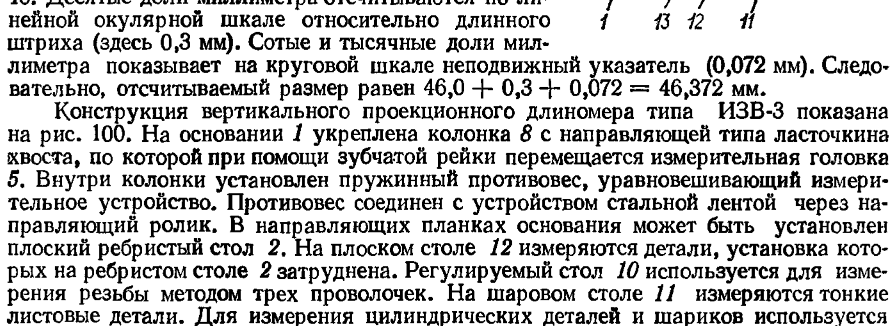


Рис. 100. Вертикальный проекционный длиномер типа ИЗВ-3.



На поворотной сетке нанесена двойная спираль Архимеда *9* с расстоянием между нитями 0,012 мм и шагом спирали 0,1 мм, а также круговая шкала *7*, имеющая 100 делений (рис. 99, *б*). На неподвижной сетке нанесены два параллельных штриха *12*, равномерная шкала *10* с диапазоном показаний 1 мм и ценой деления 0,1 мм и указатель *8*. В поле зрения окуляра видны также длинные штрихи основной шкалы *11*.



При отсчете ручка *2* (рис. 99, *а*) вращается до тех пор, пока длинный штрих миллиметровой шкалы окажется между нитями спирали. В примере, приведенном на рис. 99, *б*, цифра около длинного штриха показывает число миллиметров в размере — 46. Десятые доли миллиметра отсчитываются по линейной окулярной шкале относительно длинного штриха (здесь 0,3 мм). Сотые и тысячные доли миллиметра показывает на круговой шкале неподвижный указатель (0,072 мм). Следовательно, отсчитываемый размер равен 46,0 + 0,3 + 0,072 = 46,372 мм.

Конструкция вертикального проекционного длиномера типа ИЗВ-3 показана на рис. 100. На основании *1* укреплена колонка *8* с направляющей типа ласточкина хвоста, по которой при помощи зубчатой рейки перемещается измерительная головка *5*. Внутри колонки установлен пружинный противовес, уравновешивающий измерительное устройство. Противовес соединен с устройством стальной лентой через направляющий ролик. В направляющих планках основания может быть установлен плоский ребристый стол *2*. На плоском столе *12* измеряются детали, установка которых на ребристом столе *2* затруднена. Регулируемый стол *10* используется для измерения резьбы методом трех проволочек. На шаровом столе *11* измеряются тонкие листовые детали. Для измерения цилиндрических деталей и шариков используется плоский регулируемый стол *9*, закрепляемый на основании с помощью трех винтов.

Три регулируемые опоры *13* служат для установки поверхности стола прибора в горизонтальное положение по уровню.

Внутри измерительной головки *5* смонтированы пиноль, регулятор, обеспечивающий нормальное измерительное усилие на всей длине опускания пиноли, микрометр с проекционной системой отсчета и часть осветительного устройства. Внутри пиноли *4* установлена стеклянная миллиметровая шкала. На нижнюю часть измерительного стержня пиноли навинчивается грузовая шайба *3* и устанавливается измерительный наконечник. Пиноль перемещается вверх в результате вращения маховика, а опускается под действием собственной массы. Отсчет снимается на экране *6*, защищенном от бокового света козырьком.

В верхней части корпуса измерительной головки укреплен тубус *7* осветительного устройства. В тубусе крепятся патрон с лампой и конденсор. Для регу-

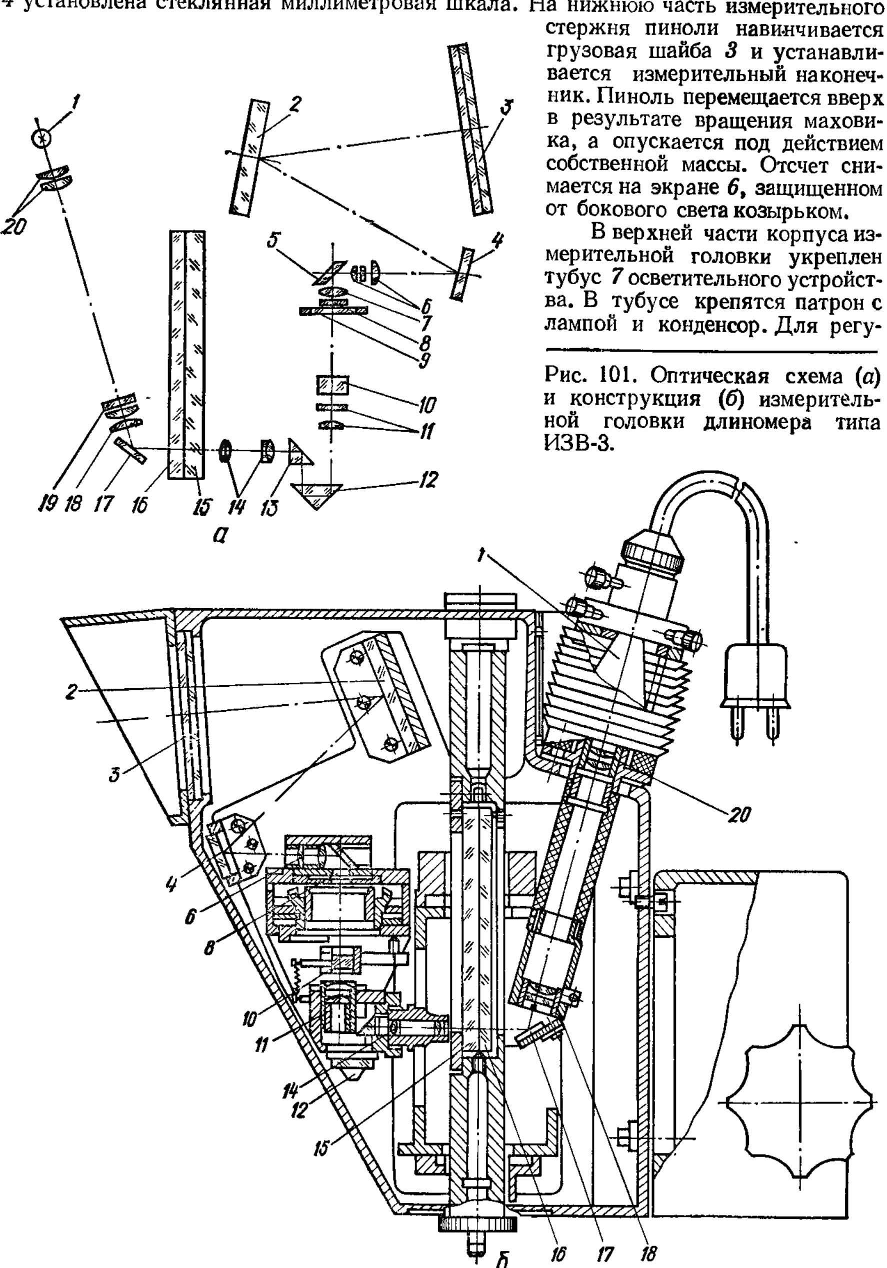


Рис. 101. Оптическая схема (*а*) и конструкция (*б*) измерительной головки длиномера типа ИЗВ-3.

лировки освещения экрана патрон с лампой можно перемещать внутри тубуса вдоль оптической оси конденсора при окрепленном винте, а также перпендикулярно к ней с помощью четырех регулировочных винтов.

Лучи света от лампы *1* (рис. 101), проходя через конденсор *20*, светофильтр *19*, осветительные линзы *18* и зеркало *17*, освещают миллиметровую шкалу *15* с защитным стеклом *16*. Деления шкалы *15* проецируются объективом *14* при помощи прямоугольных призм *13* и *12*, дополнительных линз *11* и плоскопараллельной пластины *10* на сетку *8*, на которой нанесены шкала десятичных долей миллиметра и отсчетный

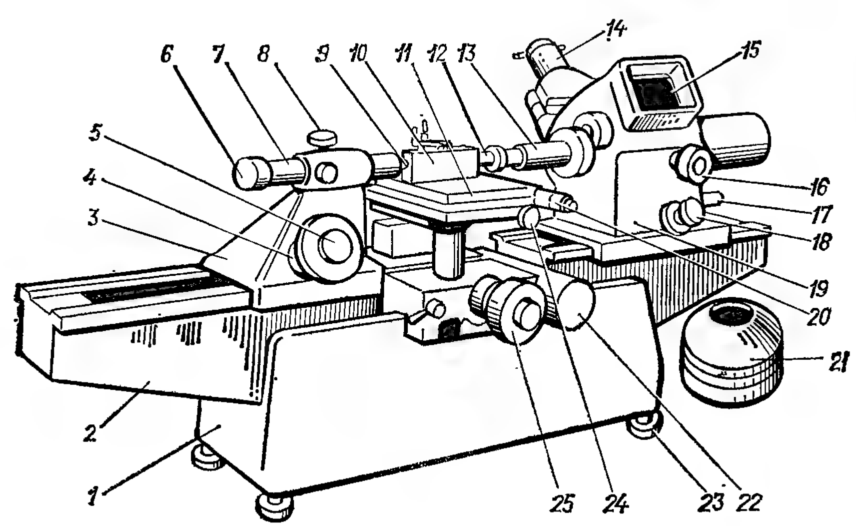


Рис. 102. Горизонтальный длиномер типа ИКУ-2:

1 — станина; *2* — направляющая; *3* — пинольная бабка; *4* — маховик перемещения пинольной бабки; *5* — зажимной винт; *6* — микрометрический винт перемещения наконечника пиноли; *7* — пиноль; *8* — винт зажима пиноли; *9* — измерительный наконечник; *10* — блок плоскопараллельных концевых мер длины; *11* — предметный стол; *12* — измерительный стержень; *13* — измерительная пиноль; *14* — осветительный тубус; *15* — экран; *16* — маховик грубого перемещения измерительной пиноли; *17* — микрометрический винт тонкого перемещения измерительной пиноли; *18* — винт закрепления измерительной пиноли; *19* — измерительная бабка; *20* — микрометрический винт перемещения предметного стола в поперечном направлении; *21* — трансформатор; *22* — маховик поворота предметного стола вокруг вертикальной оси; *23* — регулировочные винты-опоры; *24* — маховик поворота стола вокруг поперечной горизонтальной оси; *25* — маховик перемещения предметного стола в вертикальном направлении.

индекс. Плоскость лимба *9*, имеющего шкалу с ценой деления 0,001 мм (1 мкм), и плоскость сетки *8* лежат в фокальной плоскости проекционной системы, состоящей из объектива *6* и линзы *7*. Изображения целых, десятых и тысячных долей миллиметра и индекса, получаемые с помощью проекционной системы, проецируются через зеркала *5*, *4* и *2* на экран *3*.

Конструкция горизонтального длиномера типа ИКУ-2 (ДГЭ) показана на рис. 102, а его оптическая схема — на рис. 103. Лампа *1* через осветительную систему, состоящую из призмы *2*, конденсора *3*, теплофильтра *4*, светофильтра *5*, зеркал *15* и *8*, призмы *9* и линзы *7*, освещает стеклянную миллиметровую шкалу *11*. Изображение шкалы проецируется объективом *12* и призмой *16* в плоскость неподвижной шкалы *17* с ценой делений 0,1 мм. Шкала нанесена в виде двойных штрихов. Изображение миллиметровой шкалы и шкалы десятых долей миллиметра проецируется на экран *10* системой, состоящей из призмы *18*, объектива *20*, зеркал *14* и *6*.

Через систему, состоящую из призмы *31*, конденсора *30*, теплофильтра *29* и светофильтра *28*, лампа *1* освещает также сетку *23*, расположенную в фокальной плоскости объектива *26*. Сетка представляет собой стеклянную пластинку со шкалой, имеющей цену деления 0,001 мм на одной половине и индекс на другой.

Лучи света от сетки *23* через призмы *19* и *24*, объектив *26* и призму *25* параллельным пучком падают на зеркало *27* и, отразившись от него, снова попадают в призму *25*, объектив *26*, призмы *24* и *19*. В плоскости индекса получается изображение шкалы, которое вместе с изображением индекса проецируется объективом *21*, зеркалами *22* и *6* на экран *10*.

С помощью вспомогательной линзы *13* на экран *10* можно спроецировать изображения нити лампы *1* (вместо изображения шкал) для регулировки правильного положения лампы.

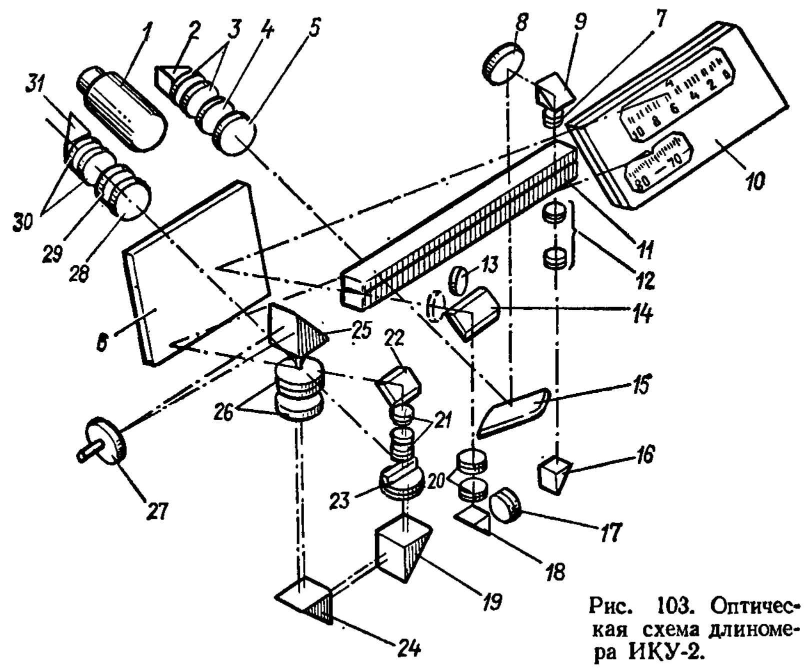


Рис. 103. Оптическая схема длиномера ИКУ-2.

Предметный стол предназначен для установки и крепления измеряемых деталей или специальных приспособлений — электроконтактной головки, приспособления для измерения резьбовых колец, вертикальных и горизонтальных центров, держателя для плоскопараллельных концевых мер большой длины, приспособления для внутренних измерений.

Измерительные оптико-механические машины предназначены для точных измерений наружных и внутренних больших линейных размеров абсолютным и относительным методами. Они используются для измерения нутромеров, концевых мер длины, калибров-пробок, скоб, колец и других точных деталей.

Конструкция измерительной машины показана на рис. 104, оптическая схема машины — на рис. 105. Основные характеристики измерительных машин (по ГОСТ 10875—76) приведены ниже:

Показатель	Значение
Предел измерения наружных размеров, мм	
ИЗМ-1	0—1000
ИЗМ-2	0—2000
ИЗМ-3	0—4000
ИЗМ-6	0—6000
То же внутренних размеров	13,5—150
Цена деления шкалы, мм	
метровой	100
стомиллиметровой	0,1
трубки оптиметра	0,001
Наибольший диаметр детали, устанавливаемой в люнетах, мм	50
Наибольшая высота подъема стола, мм	50

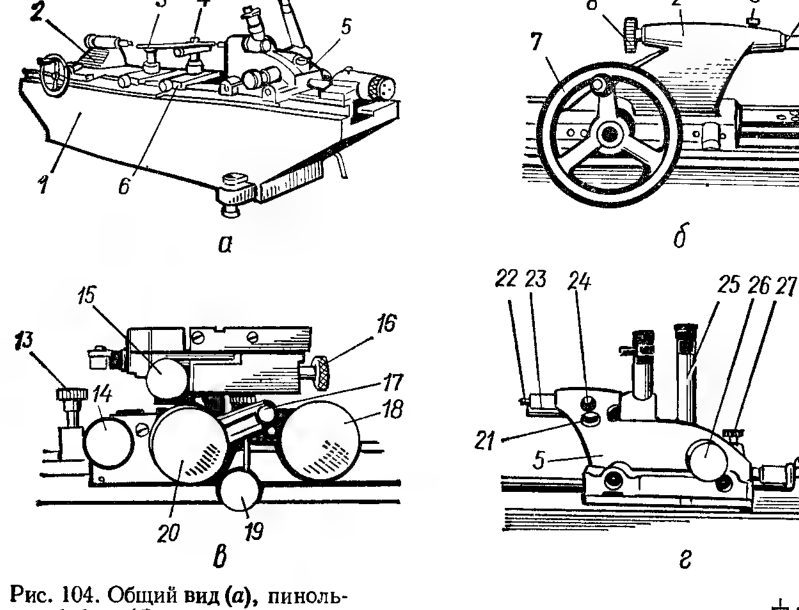


Рис. 104. Общий вид (*а*), пинольная бабка (*б*), предметный стол (*в*) и измерительная бабка измерительной машины (*г*):

1 — станина; *2* — пинольная бабка; *3*, *4* — люнеты; *5* — измерительная бабка; *6* — предметный стол; *7* — маховик перемещения пинольной бабки; *8* — винт микрометрической подачи пиноли; *9* — зажимной винт пиноли; *10* — пиноль; *11* — регулировочный винт измерительного стержня; *12* — измерительный наконечник; *13* — упоры вертикального перемещения; *14* — маховик закрепления поворота стола вокруг горизонтальной оси; *15* — маховик поворота стола вокруг вертикальной оси; *16* — маховик горизонтального (поперечного) перемещения стола; *17* — винт крепления вертикального перемещения стола; *18* — маховик поворота стола вокруг горизонтальной оси; *19* — винт крепления стола к станине; *20* — маховик вертикального перемещения; *21* — арретир; *22* — измерительный наконечник; *23* — трубка оптиметра; *24* — стопор трубки оптиметра; *25* — отсчетный микроскоп; *26* — маховик перемещения измерительной бабки; *27* — стопорный винт; *28* — зажимной винт микрометрической подачи; *29* — маховик микрометрической подачи.

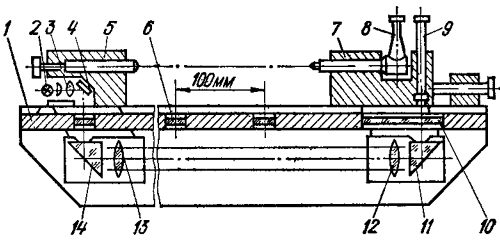


Рис. 105. Оптическая схема измерительной машины.

Вдоль станины *1* в окнах размещены образцовые оптические шкалы — метровая и миллиметровая. Метровая шкала представляет собой расположенные через 100 мм стеклянные пластины *6*, на которые нанесены двойные штрихи и цифры, показывающие число дециметров. Миллиметровая стеклянная шкала *10* имеет интервал деления 0,1 мм и диапазон показаний 100 мм. Вдоль станины над метровой шкалой перемещается пинольная бабка *5* с осветителем, над миллиметровой шкалой — измерительная бабка *7*. Свет от лампы *2* через конденсор *3* и зеркало *4* освещает одну из пластин *6*, которая расположена в фокальной плоскости объектива *13*. Призмы *11* и *14* отклоняют ход световых лучей на 90°. Объектив *13* направляет световой поток с изображением двойного штриха в измерительную бабку *7*. Объектив *12* фокусирует изображение на шкалу *10* микроскопа *9*. Целые и десятые доли миллиметра отсчитываются по шкале *10*, сотые и тысячные — по шкале трубки оптиметра.

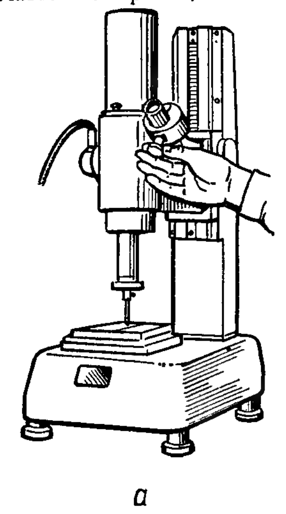
Порядок измерения

Вертикальный длиномер типа ИЗВ-2. Измерительный наконечник выбирается с учетом формы измеряемой детали. При помощи маховика кронштейн с наконечником устанавливается и закрепляется на колонке в зависимости от размера детали (ориентировочно). Затем включается осветительная система.

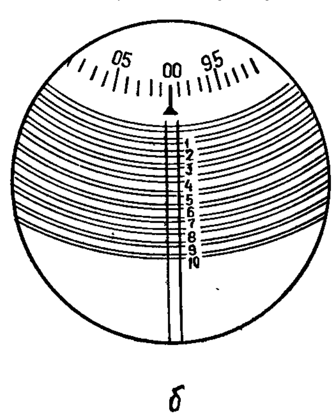
Дальнейшие действия зависят от метода, которым будут производиться измерения.

При измерении абсолютным методом выполняются следующие операции. Отпускается стопорный винт измерительного стержня. Пиноль прибора при освобожденном стопоре под действием силы тяжести опускается до соприкосновения измерительного наконечника с поверхностью предметного стола. При этом следует поддерживать маховик перемещения измерительного стержня, не допуская удара измерительного наконечника о поверхность стола. Момент касания наконечника с поверхностью стола отмечается по перемещению изображения шкалы в окуляре.

Наблюдая в окуляр, необходимо произвести настройку прибора на нуль (рис. 106). Для этого вращением маховика *10* (см. рис. 98) кронштейн с измерительной головкой перемещается по колонке так, чтобы нулевой штрих миллиметровой шкалы расположился в пределах двойной спирали Архимеда. После этого кронштейн закрепляется. Затем вращением ручки *2* отсчетного микроскопа (см. рис. 99, *а*) штрих 00 круговой шкалы устанавливается против указателя. Вращением винта *6* окуляр микроскопа смещают так, чтобы все короткие штрихи окулярной шкалы расположились между нитями двойной спирали (рис. 106, *б*), а нулевые штрихи миллиметровой и окулярной шкал совпали. При измерении размеров более 100 мм установка прибора на нуль производится по концевой мере длины размером 100 мм, установленной на столе прибора.



а



б

Рис. 106. Настройка прибора на нуль.

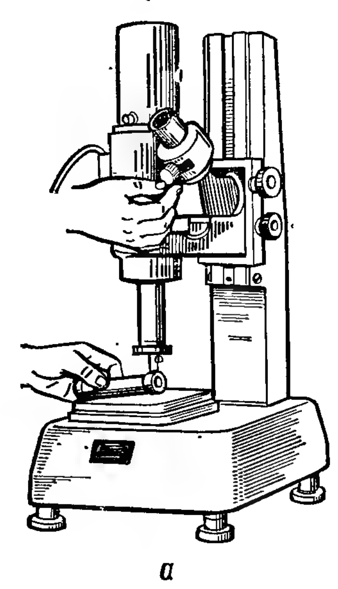
Правильность нулевой установки прибора проверяется арретированием измерительного стержня. Если после арретирования изображение шкалы не будет возвращаться в исходное положение, то установку прибора на нуль следует повторить.

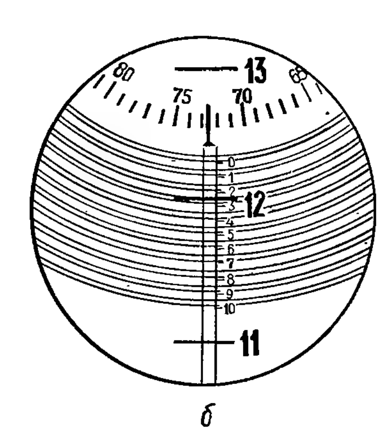
После установки прибора на нуль измерительный наконечник с помощью арретира поднимается, под ним устанавливается измеряемая деталь, и наконечник снова плавно опускается до соприкосновения с деталью. При измерении цилиндрической детали ее следует, слегка прижимая к столу, прокатить под измерительным стержнем, находя наибольшее показание.

Затем необходимо, наблюдая в окуляр, вращать ручку *2* отсчетного микроскопа (рис. 99, *а*) до тех пор, пока штрих миллиметровой шкалы (длинный штрих) установится симметрично между нитями двойной спирали (рис. 107, *а*). Далее арретированием измерительного стержня проверяется постоянство контакта и производится отсчет показаний (рис. 107, *б*). Цифра около длинного штриха показывает число мил-

лиметров в размере (12 мм). Десятые доли миллиметра отсчитываются по линейной окулярной шкале относительно длинного штриха (0,2 мм). Сотые и тысячные доли миллиметра показывает указатель на круговой шкале (0,072 мм). Отсчет равен 12,272 мм.

При измерении относительным методом в той же последовательности выполняется настройка прибора на нуль по блоку плоскопараллельных концевых мер длины,





а б

Рис. 107. Измерение детали (*а*) и пример отсчета показаний (*б*).

размер которого равен номинальному размеру измеряемой детали. После проверки арретированием правильности нулевой установки блок концевых мер удаляется и под измерительный наконечник помещается измеряемая деталь. Миллиметровая шкала вместе с пинолью сместится от нулевого положения и в поле зрения в пределах шкалы с ценой деления 0,1 мм появится изображение какого-либо штриха миллиметровой шкалы.

Далее следует, наблюдая в окуляр, вращать ручку *2* отсчетного микроскопа (см. рис. 99, *а*) до тех пор, пока штрих миллиметровой шкалы установится симметрично между нитями двойной спирали (рис. 107, *а*). После поворота спирали и вместе с ней круговой шкалы на последней против указателя установится штрих, показывающий количество сотых и тысячных долей миллиметра. Положение штриха миллиметровой шкалы укажет число десятых долей миллиметра. Размер детали определяется с учетом знака отклонения.

Вертикальный длиномер типа ИЗВ-3. В зависимости от формы измеряемой детали выбирается и устанавливается измерительный наконечник, а также предметный стол — плоский, плоский ребристый, шаровой.

Затем включается проекционная лампа и перемещением в тубусе патрона с лампой добивается равномерного освещения экрана.

На колонке в зависимости от величины измеряемого размера детали ориентировочно устанавливается и закрепляется измерительная головка.

Прибор настраивается на нуль (при измерениях относительным методом на столе прибора помещается блок плоскопараллельных концевых мер длины, размер которого равен номинальному размеру детали).

Для настройки опускается стопорный винт измерительного стержня и пиноль прибора опускается до соприкосновения измерительного наконечника с поверхностью предметного стола или концевой меры. Перемещением измерительной головки по колонке производится предварительная установка прибора на нулевое деление миллиметровой шкалы. Точная установка шкалы на нуль выполняется вращением маховика микрометрической подачи. Правильность нулевой установки проверяется

арретированием измерительного стержня. Под измерительный наконечник устанавливается измеряемая деталь и производится отсчет показаний.

Горизонтальный длиномер типа ИКУ-2. В зависимости от формы измеряемой детали выбираются и закрепляются измерительные наконечники. На предметном столе помещаются специальные приспособления — центры, держатели и т. п. Включается проекционная лампа, и перемещением в тубусе патрона с лампой добиваются равномерного освещения экрана.

Регулировка соосности измерительных наконечников производится так же, как на горизонтальном оптиметре.

Дальнейшие действия зависят от метода, которым будут производиться измерения.

При измерении абсолютным методом необходимо установить прибор на нуль. Для этого перемещением маховиками *4* и *16* пинольной и измерительной бабок измерительные наконечники приводятся в соприкосновение, закрепляются бабки. Вращением винта *17* (рис. 102) верхняя шкала экрана *15*, а затем при помощи винта *6* — нижняя шкала экрана устанавливается на нуль. Правильность нулевой установки следует проверить арретированием измерительного стержня.

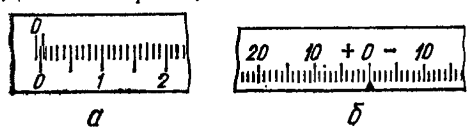


Рис. 108. Нулевое положение шкал измерительной машины.

При измерении измерительная пиноль отводится, на столе закрепляется деталь и затем измерительная пиноль перемещается до тех пор, пока показания на нижней шкале экрана *15* не станут близки к нулю. С помощью микровинта *17* штрих основной шкалы совмещается с ближайшим двойным штрихом отсчетной шкалы с ценой деления 0,1 мм. Затем предметный стол перемещается в зависимости от вида детали так же, как при измерении на горизонтальном оптиметре. При измерении размеров плоскопараллельных поверхностей деталей поочередными поворотами стола вокруг вертикальной оси маховиком *22* и горизонтальной оси маховиком *24* (рис. 102) следует добиться наименьших показаний прибора, которые будут соответствовать размеру детали. При измерении деталей цилиндрической формы, когда ось детали располагается параллельно плоскости стола, стол в вертикальном направлении перемещается вращением маховика *25* и определяются наибольшие показания по шкалам. После этого поворотом стола вокруг вертикальной оси маховиком *22* находится наименьший отсчет. Измерения продолжаются до тех пор, пока наибольшее показание при перемещении стола не совпадет с наименьшим показанием при повороте.

При измерении деталей цилиндрической формы, когда ось детали располагается перпендикулярно к плоскости стола, стол перемещается в поперечном направлении перпендикулярно к оси измерения при помощи маховика *20* и покачивается вокруг горизонтальной оси — маховиком *24* (рис. 102). Наибольшее показание при перемещении должно совпадать с наименьшим показанием при покачивании.

По верхней шкале экрана отсчитываются целые и десятые доли миллиметра, по нижней — сотые и тысячные.

При измерении относительным методом необходимо установить прибор на нуль по блоку плоскопараллельных концевых мер длины, размер которого равен номинальному размеру измеряемой детали. Блок концевых мер устанавливается на предметный стол и закрепляется. При помощи маховика *25* стол перемещается в вертикальном направлении так, чтобы срединные точки мер расположились против измерительных наконечников. Перемещением пинольной и измерительной бабок измерительные наконечники приводятся в контакт с блоком мер, бабки закрепляются. Изображение шкалы прибора устанавливается приблизительно на нуль. Поочередными поворотами стола вокруг вертикальной оси и покачиванием стола вокруг горизонтальной оси добиваются наименьшего показания. В этом положении шкала выставляется на нуль окончательно. Правильность нулевой установки проверяется арретированием измерительного стержня.

Затем измерительный наконечник отводится арретиром, блок концевых мер снимается и на стол устанавливается измеряемая деталь. После арретирования отклонения читаются по шкале прибора и определяется действительный размер.

Измерительные машины. Измерения могут осуществляться как абсолютным, так и относительным методами.

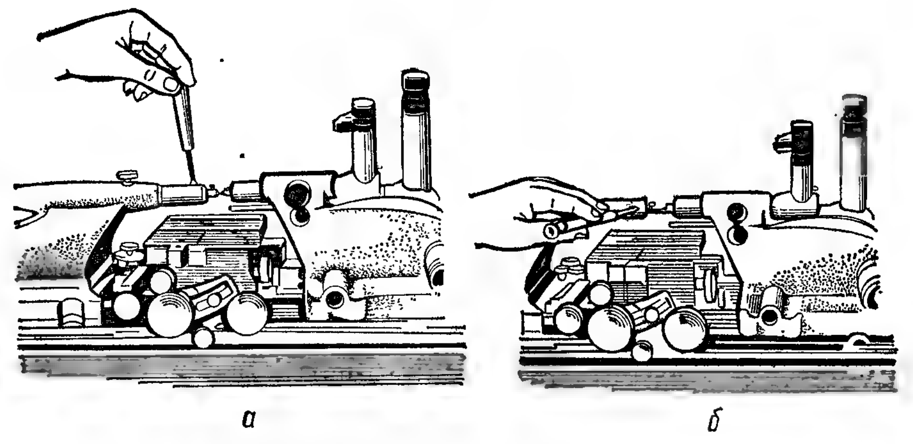


Рис. 109. Регулировка соосности измерительных стержней в вертикальной (*а*) и горизонтальной (*б*) плоскостях.

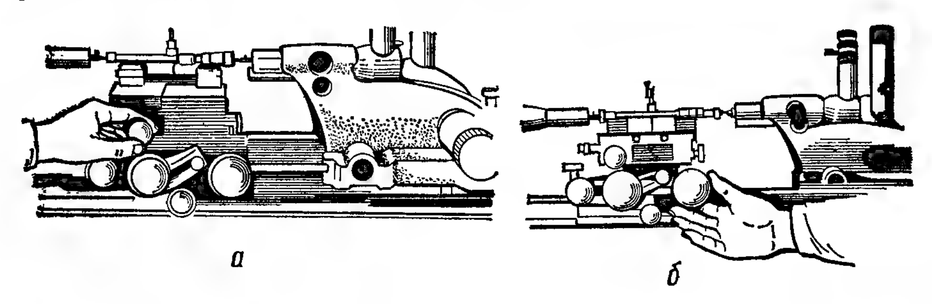


Рис. 110. Установка детали при измерениях поворотами стола вокруг вертикальной (*а*) и горизонтальной (*б*) осей.

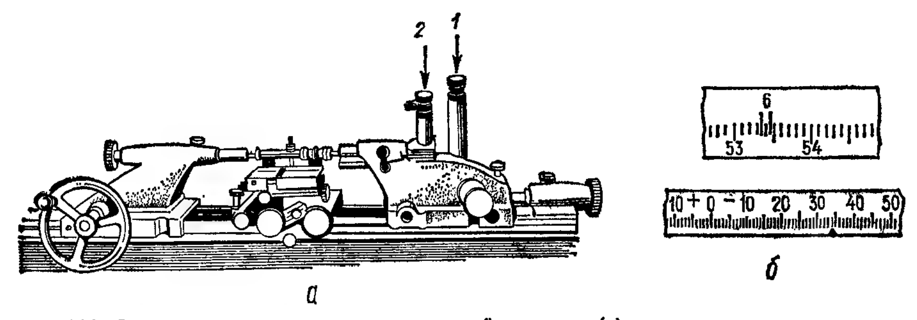


Рис. 111. Измерение детали на измерительной машине (*а*) и пример отсчета показаний (*б*).

Перед измерениями абсолютным методом машина устанавливается на нуль. Пинольная бабка перемещается маховиком *7* (рис. 104) и закрепляется над крайней правой пластиной, соответствующей нулю метровой шкалы. Измерительная бабка вращением маховика *26* сначала грубо устанавливается на нулевое деление миллиметровой шкалы. Затем вращением маховика микрометрической подачи *29* (рис. 104) измерительная бабка перемещается до тех пор, пока нулевой штрих миллиметровой шкалы устано-

вится симметрично между двойным штрихом нулевого деления метровой шкалы (рис. 108, *а*). В этом положении бабок измерительные наконечники пиноли и трубки оптиметра соприкасаются. Вращением микрометрического винта пиноли *8* (рис. 104) предварительно устанавливается шкала трубки оптиметра на нуль, и производится регулировка соосности измерительных стержней (так же, как у оптиметра) в вертикальной и горизонтальной плоскости (рис. 109). Затем вращением микрометрического винта пиноли шкала трубки оптиметра окончательно выставляется на нуль (рис. 108, *б*).

При измерениях пинольная бабка устанавливается ориентировочно по вспомогательной линейке с ценой деления 100 мм на требуемый размер, а измерительная отодвигается вправо. Измеряемая деталь устанавливается на предметный стол. Цилиндрические детали размещаются на призмах и закрепляются струбциной, а детали большой длины устанавливаются на люнеты.

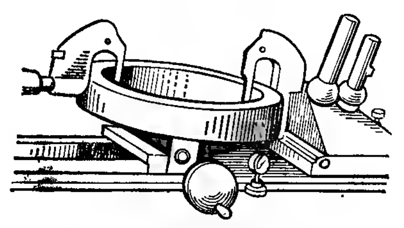


Рис. 112. Измерение внутренних размеров.

Предметный стол с деталью перемещается вначале в вертикальном направлении, потом — в горизонтальном поперечном до ввода детали на линию измерения, а затем закрепляется на станине.

Измерительная бабка перемещается до соприкосновения наконечников пиноли и оптиметра с деталью (показание оптиметра не должно выйти за пределы шкалы) и в этом положении закрепляется.

Поверхности детали устанавливаются перпендикулярно к линии измерений. Для этого поворотами стола вокруг вертикальной оси (рис. 110, *а*) ось детали совмещается с линией измерения в горизонтальной плоскости, а поворотами вокруг горизонтальной оси (рис. 110, *б*) — в вертикальной плоскости. Стол в этом положении закрепляется.

Затем измерительную бабку следует переместить с помощью микрометрической подачи *29*, наблюдая в окуляр микроскопа *25* (рис. 104), до совмещения двойного штриха метровой шкалы с ближайшим штрихом миллиметровой шкалы, и произвести отсчет целых и десятых долей миллиметра в отсчетном микроскопе *1* (рис. 111, *а*). По шкале оптиметра *2* отсчитываются сотые и тысячные доли миллиметра. На рис. 111, *б* отсчет равен 6 · 100 мм + 534 · 0,1 мм — 34 · 0,001 мм = 653,366 мм.

Измерения внутренних размеров производятся с помощью приспособлений с дугами (рис. 112).

Измерения размеров относительным методом на машинах выполняются так же, как на горизонтальном оптиметре. Оптическая система машины при этом не используется.

Глава VI
ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ
ТИПЫ, КОНСТРУКЦИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ

Для измерения углов наиболее широко применяются приборы с угломерной шкалой — нониусные (ГОСТ 5378—66) и оптические (ГОСТ 11197—73) угломеры.

В табл. 22 приведены характеристики угломерных приборов данного типа.

Угломер типа УМ (рис. 113, *а*) состоит из основания *7* с угловой шкалой, имеющей диапазон показаний 90° и цену деления 1°. На основании закреплена основная линейка *2*. Подвижная линейка *8* выполнена заодно с сектором *3*, несущим нониус *5*. Устройство нониуса угломеров аналогично устройству нониуса на штангенинструментах. Сектор поворачивается на оси относительно основания и фиксируется стопором *6*. Для точной установки нониуса сектор перемещают с помощью устройства для микрометрической подачи *4*. Диапазон измерений угломера УМ составляет 0—180°. Измерения в диапазоне от 0 до 90° проводятся с угольником *1*, который крепится державкой *9*, а от 90 до 180°— без угольника.

В угломерах типа УН (рис. 113, *б*) основная линейка *2* также закреплена на основании *7*, по которому перемещается сектор *3* с нониусом *5*. Стопор *6* посредством

22. Характеристики угломеров

Угломер	Тип	Цена деления шкалы иониуса	Пределы измерения	Допускаемая погрешность показаний
С нониусом	УН	2′, 5′	0—180° (наружные углы) 40—180° (внутренние углы)	±2′ (при i=2′) ±5′ (при i=5′)
	УМ		0—90° (с угольником) 90—180° (без угольника)	
Оптический	УО	10′	0—180°	±5′
	УО-2	5′		±2,5′
Для контроля режущего инструмента	2УРИ	—	0—25° (передние углы) 0—35° (задние углы)	±1°

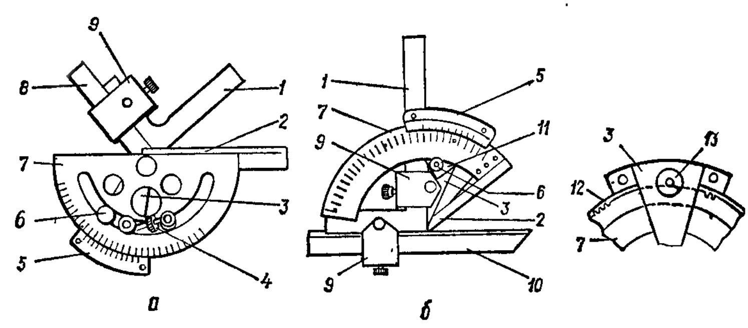


Рис. 113. Угломеры с нониусом типа УМ и УН (соответственно *а* и *б*).

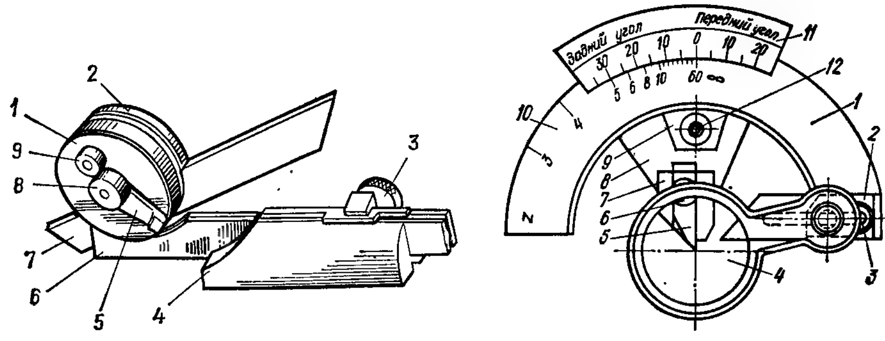


Рис. 114. Оптический угломер.

Рис. 115. Угломер для измерения передних и задних углов многолезвийных инструментов типа 2УРИ.

сухаря *11* фиксирует сектор в нужном положении. С помощью державки *9* к сектору крепится или угольник *1* со съемной линейкой *10*, или одна линейка. Это позволяет изменять пределы измерения угломера.

Сектор с нониусом перемещают при помощи реечной передачи, состоящей из рейки *12* и реечного зубчатого колеса *13*.

Оптический угломер типа УО-2 (рис. 114) состоит из корпуса *2*, с которым жестко соединена сдвоенная линейка *6*. Сменная линейка *7* может поворачиваться и перемещаться в продольном направлении. Съемная призматическая подставка *4* с зажимным винтом *3* используется при измерениях углов цилиндрических или конических поверхностей. Перед измерениями линейка *7* выдвигается из корпуса на длину, которая обеспечивает полноту охвата поверхности изделия. Линейка крепится к подвижному механизму прибора поворотом рукоятки *8*. Положение сменной линейки относительно сдвоенной фиксируется поворотом зажимного рычага *5*. Отсчет углов осуществляется через установленный на крышке *1* окуляр *9* с 16-кратным увеличением. В поле зрения окуляра видны основная угловая шкала лимба, а также прямая и обратная минутные шкалы для отсчета при различных направлениях вращения линеек. Шкала лимба состоит из четырех секторов по 90° с ценой деления 1°, оцифрованных от 0 до 90° через 2°.

Угломер типа 2УРИ (рис. 115) применяется для измерения передних и задних углов заточки многолезвийных инструментов с расположением режущих кромок на цилиндрических, конических и плоских поверхностях. Угломер можно использовать для инструментов, имеющих не менее трех зубьев и равномерный шаг, при этом длина прямолинейных участков на передней и задней поверхностях должна быть не менее 1 мм.

Угломер состоит из основания *1*, относительно которого поворачивается сектор *8* с градусной шкалой *11*. Правая часть градусной шкалы служит для измерения передних углов инструментов, левая — задних углов. На основании имеется шкала *10* чисел зубьев инструмента с неравномерно нанесенными штрихами ($z = 3, 4, 5, \ldots$). На секторе закреплена пластинка *7*, в пазах которой перемещается измерительная линейка *5*, закрепляемая винтом *6*. Опорная линейка *2* закрепляется гайкой *3* в держателе. Стопор *12* при помощи сухаря *9* фиксирует сектор в установленном положении.

Для уменьшения погрешности измерения углов с малой протяженностью сторон угломер имеет съемное оптическое устройство *4* (увеличение трех- или пятикратное), закрепляемое на опорной линейке.

ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЯ

Угломеры с нониусами. Перед началом измерения необходимо проверить правильность нулевого показания инструмента. При сдвинутых до соприкосновения измерительных поверхностях угломера (рис. 116, *а* и *в*) или лекального угольника и угломера (рис. 116, *б* и *г*) нулевые штрихи нониуса и основания должны совпадать. Для повышения точности отсчета необходимо, чтобы взгляд был направлен перпендикулярно к плоскости основания.

Переустановка нониуса производится при смещении его нулевого штриха от нулевого штриха шкалы основания. Для этого отпускаются винты крепления нониуса к сектору, нониус передвигается в нулевое положение, и винты закрепляются.

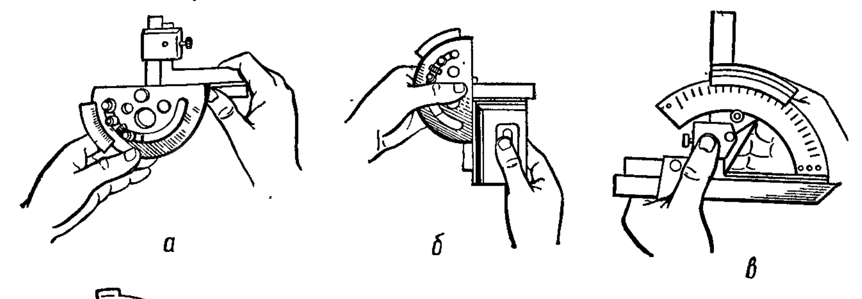
При измерении незакрепленной детали ее следует поддерживать правой рукой и перемещать слегка прижимая к измерительной поверхности основной линейки (рис. 117, *а*) до полного соприкосновения детали со второй измерительной поверхностью угломера (рис. 117, *б*). При измерении угломером типа УН (рис. 118) он поддерживается за основание левой рукой. Вращением накатанной головки зубчатого колеса большим и указательным пальцами этой руки сектор перемещается до полного соприкосновения второй измерительной поверхности с поверхностью детали.

После установки линеек угломера относительно образующих измеряемого угла детали проверяется отсутствие или равномерность просвета между измерительными и проверяемыми поверхностями. После этого положение линеек закрепляется стопором и производится отсчет показаний. При отсчете показаний угломер следует держать прямо перед глазами.

При измерении углов от 0 до 90° с помощью угломера типа УМ на подвижной линейке устанавливается угольник (рис. 119, *а*). При измерении углов от 90° до 180°

применяется угломер без угольника и к показаниям шкалы прибавляется 90° (рис. 119, *б*).

При чтении показаний на угломере целое число градусов отсчитывается по шкале основания слева направо нулевым штрихом нониуса. Затем находятся штрих нониуса,



г

Рис. 116. Проверка правильности нулевого показания угломеров типа УМ (*а*, *б*) и УН (*в*, *г*).

совпадающий со штрихом шкалы основания, и ближайшая к нему слева цифра нониуса. К этой цифре прибавляется результат умножения величины отсчета на порядковый номер штриха нониуса, совпадающего со штрихом основания, считая его от найденной цифры нониуса.

При измерении угломером типа УН наружных углов от 0 до 50° (на секторе установлены угольник и съемная линейка) показания читаются по правой части шкалы (рис. 120, *а*). Измерение этих же углов можно производить при снятой линейке, переставив угольник таким образом, чтобы его короткое ребро было направлено в правую сторону.

Для измерения наружных углов от 50 до 140° на секторе установлена съемная линейка. Вместо линейки может быть поставлен угольник (в этом случае измерительной стороной будет его длинная сторона).

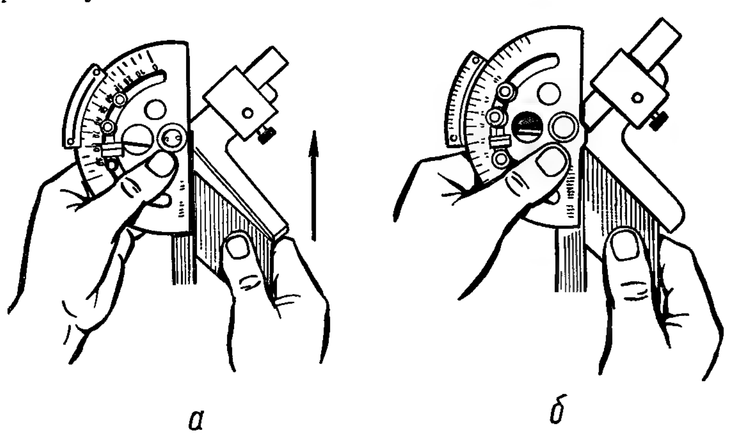


Рис. 117. Измерение незакрепленной детали.

Показания для углов от 50 до 90° читаются по левой части шкалы (рис. 120, *б*); для углов от 90 до 140° к показаниям правой части шкалы прибавляется 90° (рис. 120, *в*). При измерении наружных углов от 140 до 180° (на секторе установлен угольник без линейки) к показаниям левой части шкалы также прибавляется 90°

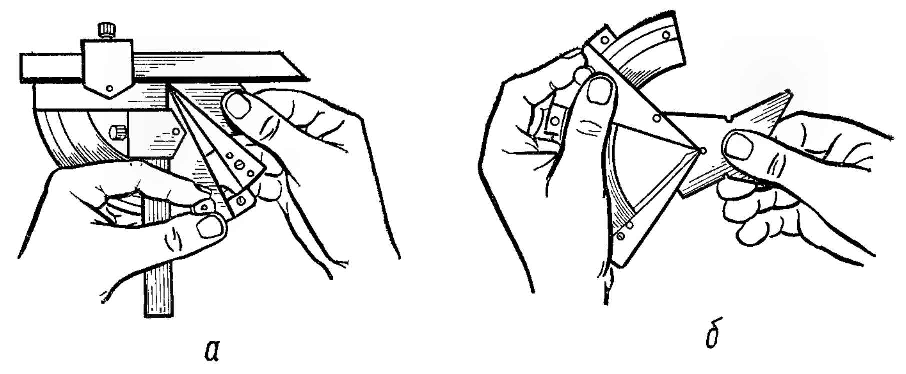


Рис. 118. Измерение наружного (*а*) и внутреннего (*б*) углов незакрепленной детали угломеров типа УН.

а

$\times 39^\circ + 20' + 2' \times 3 = 39^\circ 26'$

б

$\times 39^\circ + 20' + 2' \times 3 + 90^\circ = 129^\circ 26'$

Рис. 119. Отсчет показаний.

(рис. 120, *г*). В этом случае измерительной поверхностью будет короткая сторона угольника. При измерении внутренних углов от 130 до 180° (на секторе установлен угольник) показания правой части шкалы вычитаются от 180° (рис. 121, *а*); внутренних углов от 90 до 130° — показания левой части шкалы вычитаются от 180° (рис. 121, *б*); внутренних углов от 40 до 90° — показания правой части шкалы вычитаются от 90° (рис. 121, *в*).

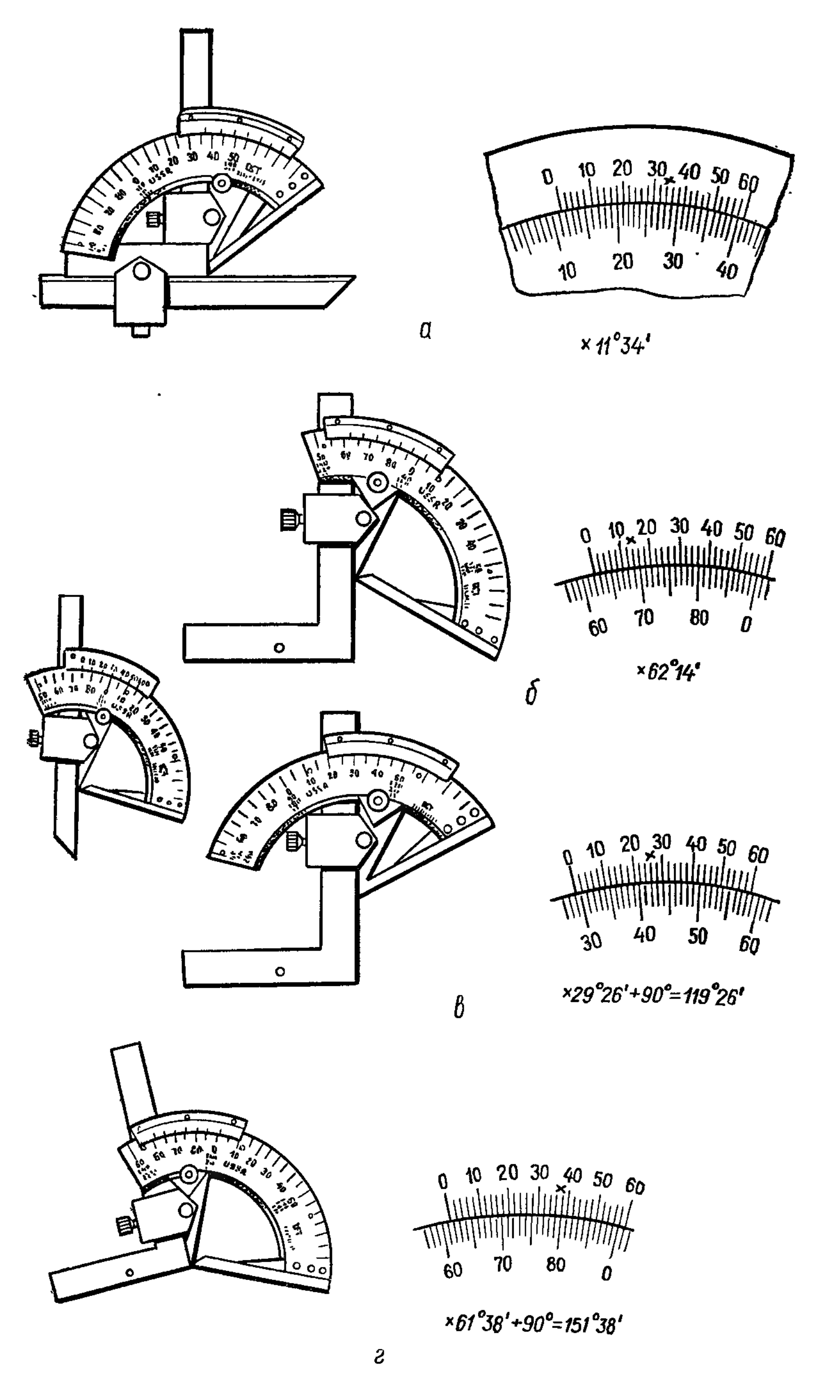


Рис. 120. Комплектация угломера типа УН для измерения наружных углов и отсчет показаний.

$\times 180^\circ - 31^\circ 36' = 148^\circ 24'$

а

$\times 180^\circ - 82^\circ 42' = 97^\circ 18'$

б

$\times 90^\circ - 15^\circ 18' = 74^\circ 42'$

в

Рис. 121. Комплектация угломера типа УН для измерения внутренних углов и отсчет показаний.

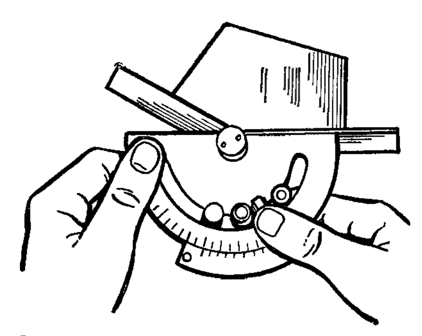


Рис. 122. Измерение закрепленной детали.

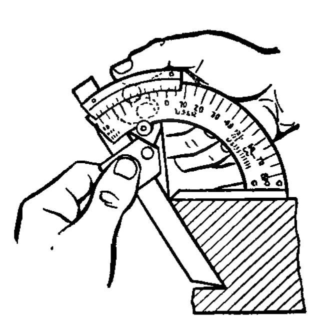


Рис. 123. Измерение закрепленной детали.

Для измерения закрепленной детали угломером типа УМ сектор устанавливается в такое положение, чтобы угол между измерительными поверхностями был несколько больше измеряемого угла детали, затем закрепляется зажим микроподачи.

Измерительная поверхность основной линейки прикладывается к одной из граней измеряемого угла детали. С помощью микрометрической подачи (рис. 122) сектор передвигается так, чтобы между сторонами измеряемого угла детали и измерительными поверхностями угломера отсутствовал или был равномерным просвет.

В угломерах типа УН сектор перемещается до полного соприкосновения измерительных поверхностей с поверхностью детали вращением накатанной головки зубча-

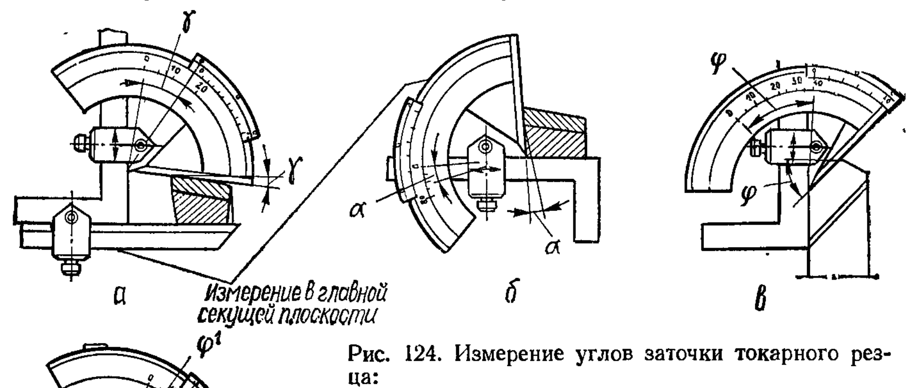


Рис. 124. Измерение углов заточки токарного резца:

а — переднего; *б* — заднего; *в*, *г* — соответственно главного и вспомогательного в плане.

того колеса большим и указательным пальцами правой руки (рис. 123).

Положение сектора закрепляется стопором и производится отсчет показаний (см. рис. 118—120).

С помощью угломеров с нониусом можно измерять также углы заточки режущих инструментов, например резцов и долбяков (рис. 124).

Оптические угломеры. Сменная линейка *7* устанавливается в фиксатор подвижного механизма прибора (рис. 114), выдвигается на длину, которая обеспечивает полноту охвата поверхности измеряемой детали, и поворотом рукоятки *8* по часовой стрелке закрепляется.

Повернув рукоятку *5* против хода часовой стрелки, можно развернуть на любой угол сменную линейку *7* относительно основания *6* (сдвоенной линейки).

При измерении оптическим угломером используются нижняя и верхняя измерительные поверхности сдвоенной и сменной линеек.

Во время установки угломера относительно образующих измеряемого угла незакрепленной детали левой рукой поддерживается угломер за сдвоенную линейку, а правой — поддерживается и перемещается деталь до полного соприкосновения ее с измерительными поверхностями линеек (рис. 125).

Углы незакрепленной детали можно измерить, используя нижние измерительные поверхности сдвоенной и сменной линеек (рис. 125, *а* и *в*), или верхнюю измерительную поверхность сдвоенной линейки и нижнюю измерительную поверхность сменной линейки (рис. 125, *б*).

При измерении углов закрепленных деталей рабочие грани линеек прижимаются к плоскостям детали, образующим измеряемый угол (рис. 125, *г*).

При измерении углов цилиндрических и конических поверхностей используется съемная призматическая подставка (рис. 125, *д*), которая вставляется пазом в основание прибора.

После установки линеек угломера относительно образующих измеряемого угла детали проверяется отсутствие просвета между измерительными и измеряемыми поверхностями и поворотом рукоятки *5* (см. рис. 114) по часовой стрелке закрепляется положение угломера.

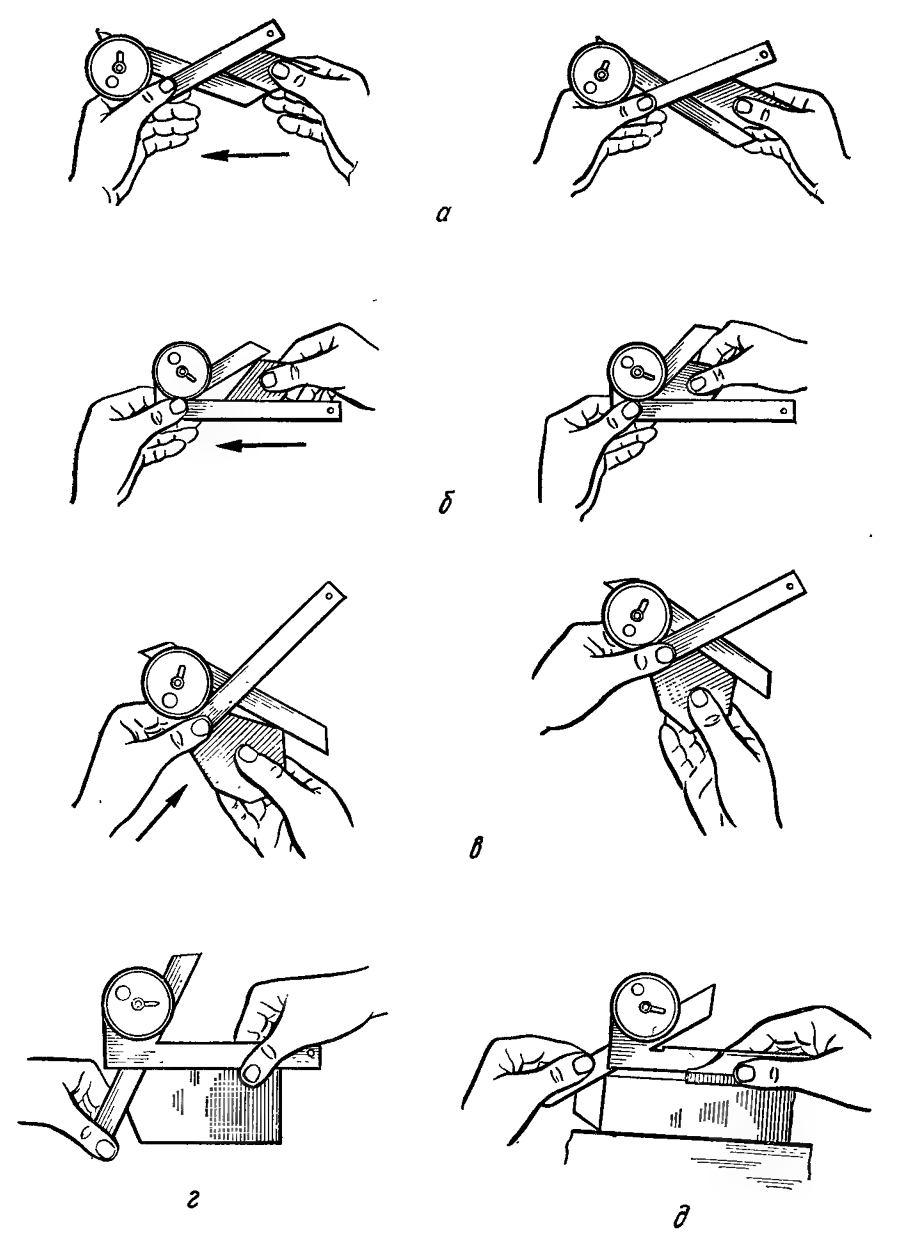


Рис. 125. Приемы измерения углов деталей оптическим угломером.

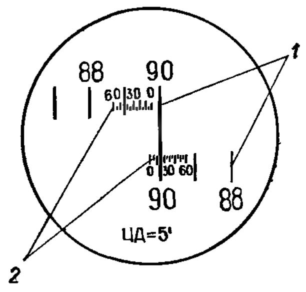
Для отсчета показаний окуляр прикладывается к глазу и окно для подсветки шкал лимба и нониуса направляется в сторону источника света. В поле зрения угломера типа УО-2 (рис. 126) видны две шкалы: лимба и минутная. Шкала лимба имеет четыре сектора по 90° с ценой деления 1°. Деления шкалы оцифрованы от 0 до 90° через 2°. Минутная шкала нониуса нанесена в два ряда с ценой деления 5', оцифрована

от 0 до 60′ через 30′. Отсчет производится по делению шкалы лимба, находящемуся в пределах минутной шкалы.

При отсчете показаний необходимо учитывать следующее. Если измеряемый угол меньше 90°, то прибор показывает действительную величину этого угла. Если измеряемый угол больше 90°, то прибор показывает величину дополнительного угла. Величина измеряемого угла при этом определится по формуле: $\alpha_2 = 180° - \alpha_1$, где α_1 — отсчет по шкалам лимба и нониуса, например, $\alpha_2 = 180° - 89°45' = 90°15'$ (рис. 126).

Угломеры для измерения углов многолезвийных инструментов. Перед измерением линейка *5* (см. рис. 115) перемещается в пазу пластинки *7* и закрепляется винтом *6* в зависимости от длины прямолинейного участка на передней поверхности зубьев. Опорная линейка *2* устанавливается в зависимости от шага зубьев измеряемого инструмента и закрепляется гайкой *3*.

В процессе измерения угломер накладывается на режущие кромки двух соседних зубьев в плоскости, нормальной к режущей кромке так, чтобы на



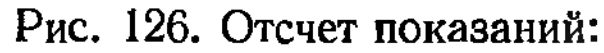
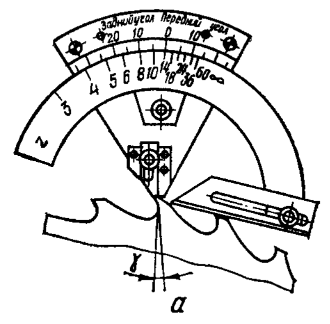
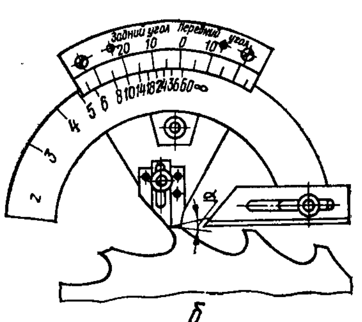


Рис. 126. Отсчет показаний:
1 — шкала лимба; *2* — шкала нониуса.

Рис. 127. Измерение переднего (*а*) и заднего (*б*) углов инструмента и отсчет показаний:
а — $z = 24$, $\gamma = 5°$; *б* — $z = 24$, $\alpha = 10°$.





один из зубьев угломер опирался опорной линейкой, а режущая кромка измеряемого зуба упиралась в вершину угла, составленного измерительной линейкой *5* и пластинкой *7*.

При измерении переднего угла сектор угломера (рис. 127, *а*) поворачивается до совмещения измерительной линейки с передней поверхностью зуба инструмента и в этом положении закрепляется винтом.

При измерении заднего угла (рис. 127, *б*) сектор угломера поворачивается до совмещения измерительной грани пластинки с задней поверхностью зуба.

Величина углов отсчитывается по градусной шкале сектора начиная со штриха, соответствующего числу зубьев инструмента. При измерении углов протяжек и углов на торцовых зубьях фрезы отсчет производится со штриха со знаком «∞».

Глава VII

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ

Типы и назначение

Для контроля кинематической точности цилиндрических зубчатых колес применяются приборы типа БВ-5053, БВ-5058, УКМ-3М и др.

Колебания измерительного межосевого расстояния зубчатых колес определяются с помощью межцентромеров (табл. 23). На рис. 128 показана конструкция

23. Характеристики межцентромеров

Тип	Контролируемое межосевое расстояние, мм	Параметры контролируемого колеса, мм		
		Диаметр	Модуль	Длина вала
МЦ—50	18—80	До 80	0,2—1	До 100
МЦ-160М	25—160	До 200	0,2—1	До 200
МЦ-400Б	20—320	20—320	1—10	40—330
МЦ-400Э	20—320	20—320	1—10	40—330

Примечание. Пределы измерения межцентромеров 0—1 мм, цена деления отсчетного устройства составляет 0,001 мм

межцентромера типа МЦ-400Э. Для проверки колебания межосевого расстояния контролируемое зубчатое колесо насаживается на оправку, которая крепится в центрах установочной каретки (детали типа вала-шестерни устанавливаются непосредственно в центрах). Измерительное колесо устанавливается на оправке измерительной каретки. Перемещением установочной каретки контролируемое зубчатое колесо вводится в зацепление с измерительным колесом. Плотное сопряжение колес обеспечивается пружиной, поджимающей измерительную каретку и измерительное колесо к проверяемому. Затем контролируемое колесо приводится во вращение вручную при помощи маховика, фрикционной пары и поводковой муфты оправки или с помощью электро-

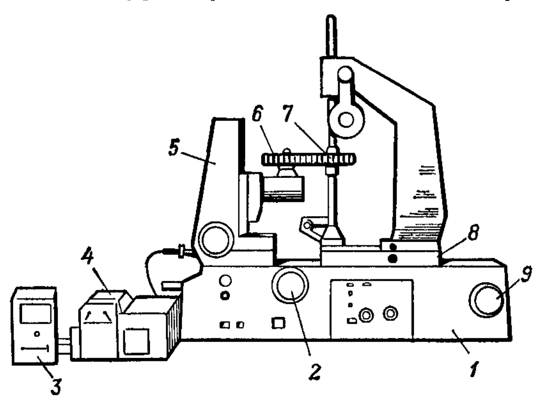
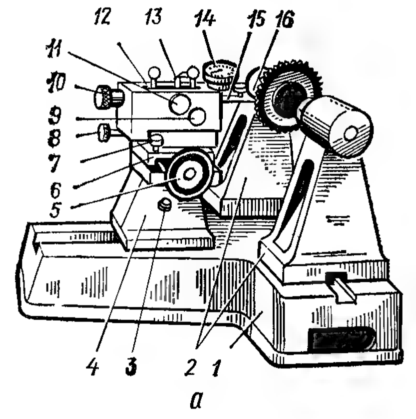


Рис. 128. Прибор для контроля измерительного межосевого расстояния зубчатых колес мод. МЦ-400Э:

1 — основание; *2* — маховик ручного привода обката колес; *3* — отсчетное устройство; *4* — самописец; *5* — измерительная каретка; *6* — измерительное зубчатое колесо; *7* — контролируемое зубчатое колесо; *8* — установочная каретка; *9* — маховик перемещения установочной каретки.

механического привода обката колес. Колебания межосевого расстояния контролируемого и измерительного колес в процессе их обката при беззазорном зацеплении (на это колебание влияют погрешности профилей, радиальное биение зубчатого венца, неравномерность шага и толщины зуба) определяются визуально по отсчетному



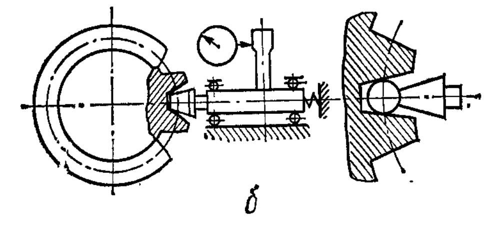


Рис. 129. Конструкция биениемера (*а*) и схема измерения радиального биения зубчатого венца:

1 — станина; *2* — центровые бабки; *3* — стопор измерительной бабки; *4* — измерительная бабка; *5* — маховик перемещения каретки вдоль линии центров; *6* — измерительная каретка; *7* — стопор каретки; *8* — стопор поворотной части каретки; *9* — маховик перемещения измерительного узла; *10* — стопор измерительного узла; *11* — рукоятка отвода штока; *12* — измерительный узел; *13* — упорная планка; *14* — индикатор; *15* — шток; *16* — измерительный наконечник.

устройству или регистрируются в виде диаграммы отклонений межосевого расстояния на ленте самописца.

Радиальное биение зубчатого венца определяется с помощью специальных приборов — биениемеров (ГОСТ 8137—81). Биениемеры типа 25002 применяются для контроля зубчатых колес диаметром $d_a = 5...180$ мм, модулем $m = 0,2...2$ мм типа Б-10 — $d_a = 20...400$ мм, $m = 1...10$ мм. Конструкция биениемеров представлена на рис. 129, *а*, схема измерения радиального биения зубчатого венца — на рис. 129, *б*.

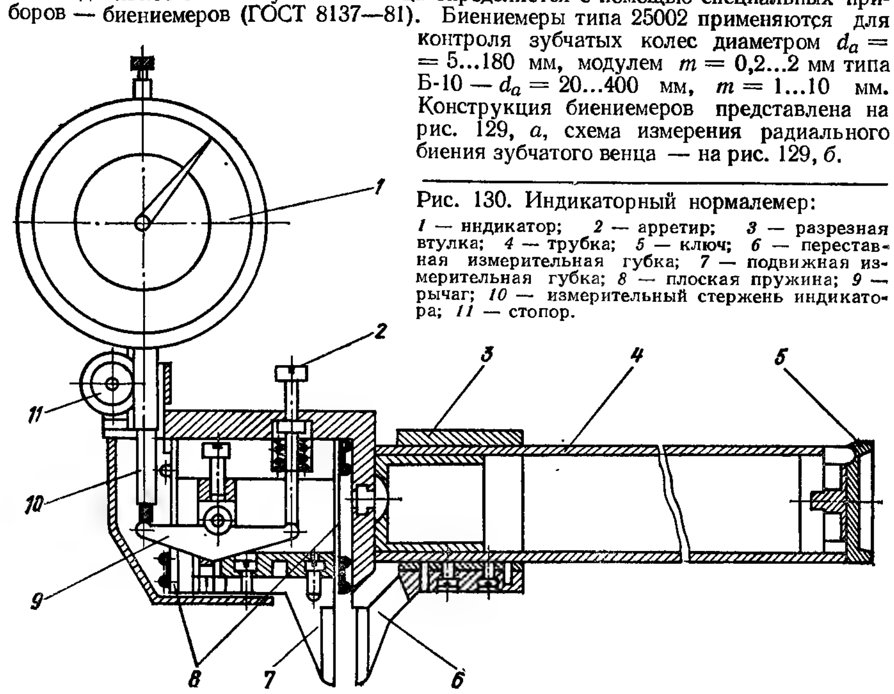


Рис. 130. Индикаторный нормалемер:

1 — индикатор; *2* — арретир; *3* — разрезная втулка; *4* — трубка; *5* — ключ; *6* — переставная измерительная губка; *7* — подвижная измерительная губка; *8* — плоская пружина; *9* — рычаг; *10* — измерительный стержень индикатора; *11* — стопор.

Измерительные наконечники для зубчатых колес внешнего зацепления выполняются в виде усеченного конуса с углом при вершине $2\alpha = 40°$, а для колес внутреннего зацепления — в виде шариков или роликов диаметром $d = 0,5\,\pi m \cos\alpha$.

Контроль колебания длины общей нормали можно производить зубомерными микрометрами (ГОСТ 6507—78), индикаторными нормалемерами (ГОСТ 7760—81) и другими средствами. Конструкция индикаторного нормалемера показана на рис. 130.

Порядок измерений

Биениемеры. Для проверки радиального биения насадное зубчатое колесо надевается плотно, без перекосов на точную цилиндрическую оправку. Оправка с колесом должна свободно (но без люфта) от руки поворачиваться на центрах прибора.

Вал-шестерни устанавливаются непосредственно на центры прибора.

Измерительный наконечник выбирается в соответствии с модулем контролируемого зубчатого колеса и закрепляется в отверстии штока. Измерительная бабка устанавливается так, чтобы между измерительным наконечником и зубчатым колесом был зазор примерно 4—5 мм. В этом положении бабка закрепляется. Каретка с измерительным узлом перемещается вдоль центров и стопорится в нужном положении.

Измерительный узел подводится вращением маховика к колесу так, чтобы наконечник вошел в контакт со впадиной зуба, при этом необходимо сообщить натяг индикатору, равный 1—2 мм.

Затем, совместив нулевой штрих шкалы со стрелкой, следует проверить стабильность показаний индикатора при повторных измерениях одной и той же впадины. В случае отклонения стрелки от нулевого положения необходимо проверить крепление всех стопорных винтов, а также крепление измерительного наконечника.

Для контроля радиального биения измерительный наконечник последовательно вводится во все впадины колеса и при этом снимаются показания индикатора.

При повороте колеса для ввода измерительного наконечника шток отводится рукояткой, затем осторожно опускается до контакта наконечника со следующей впадиной колеса. Разность между наибольшим и наименьшим показаниями индикатора при поочередном перемещении наконечника во все впадины колеса определяет радиальное биение зубчатого венца.

При контроле конических колес измерительный узел поворачивается в горизонтальной плоскости на необходимый угол — угол делительного конуса измеряемого колеса.

Зубомерный микрометр. Приступая к измерению длины общей нормали зубомерными микрометрами, следует вначале определить расчетную длину общей нормали.

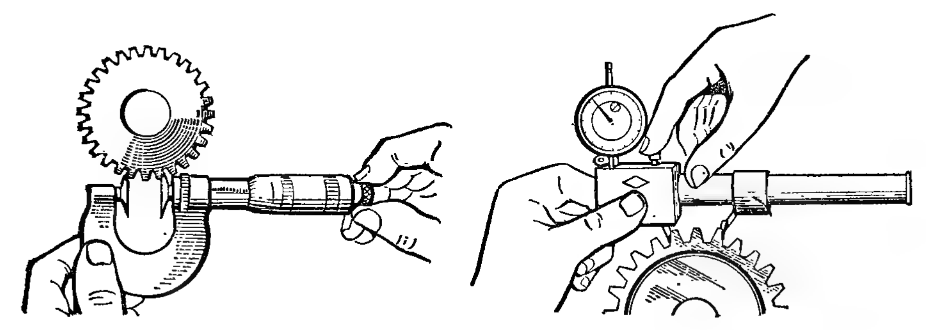


Рис. 131. Измерение длины общей нормали зубомерным микрометром.

Рис. 132. Измерение длины общей нормали индикаторным нормалемером.

Так, для прямозубых колес с углом 20° длина общей нормали определяется по формуле $w = m\,[1{,}476\,(2n - 1) + z\ \ 0{,}013871]$, где m — модуль; $n = (0{,}111z + 0{,}6)$ — число зубьев, охватываемых губками нормалемера (величину n при расчетах следует округлять до целого числа); z — число зубьев колеса. В соответствии с полученным размером общей нормали выбирается зубомерный микрометр (см. рис. 22, *в* и табл. 11). Проверяется нулевая установка микрометра. Вращением барабана разводятся измерительные поверхности инструмента на размер, несколько больше расчетной величины w. Диски микрометра располагаются во впадинах измеряемого колеса и барабан микрометра вращается с помощью трещотки до контакта измерительных плоскостей с профилями зубьев колеса (рис. 131). Затем производится отсчет показаний микрометра.

Рекомендуется измерения производить в одном и том же месте на колесе не менее трех раз, каждый раз покачивая микрометр и обкатывая измерительными плоскостями профили зубьев колеса. За действительный размер w в данном месте зубчатого колеса принимается средний из трех замеров.

Индикаторный нормалемер. Индикатор устанавливается в измерительную головку с натягом измерительного стержня не менее 0,15 мм, а затем закрепляется стопором. Далее производится установка нормалемера по блоку плоскопараллельных мер длины, размер которого равен расчетной длине общей нормали. Для этого ключ вывинчивается из трубки за накатанную часть, вводится бородкой в гнездо разрезной втулки и поворачивается на 90°, разжимая втулку. В таком положении втулка свободно перемещается вдоль трубки. Между измерительными губками нормалемера помещается блок плоскопараллельных мер длины. Измерительные поверхности губок приводятся в контакт с блоком концевых мер, при этом обеспечивается натяг в измерительной системе с учетом нормированного участка шкалы индикатора. Затем вынимается ключ из гнезда разрезной втулки и она фиксируется в требуемом положении. Поворотом ободка нулевой штрих шкалы совмещается со стрелкой, подвижная губка отводится арретиром, снимается блок мер и на зубья колеса устанавливается нормалемер.

Наименьшие показания индикатора при легком покачивании прибора определяют отклонение длины общей нормали от расчетной величины (рис. 132). У индикаторного нормалемера цена деления индикатора 0,005 мм (за счет передаточного отношения нормалемера 2 : 1).

Колебание длины общей нормали находится как разность между наибольшей и наименьшей действительными длинами общей нормали при последовательном измерении всех групп зубьев проверяемого колеса. Средняя длина общей нормали определяется как средняя арифметическая всех действительных длин общих нормалей по зубчатому колесу.

ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПЛАВНОСТИ РАБОТЫ

Типы и назначение

Для определения показателей плавности работы зубчатых колес применяются эвольвентомеры: универсальные типа КЭУ-СМБ для зубчатых колес с $d_a = 20...320$ мм и $m = 1...10$ мм, типа БВ-5032 — для колес с $d_a = 20...400$ мм, $m = 0,5...10$ мм и со сменными дисками, типа БВ-1089 (колес с $d_a = 20 ... 400$ мм,

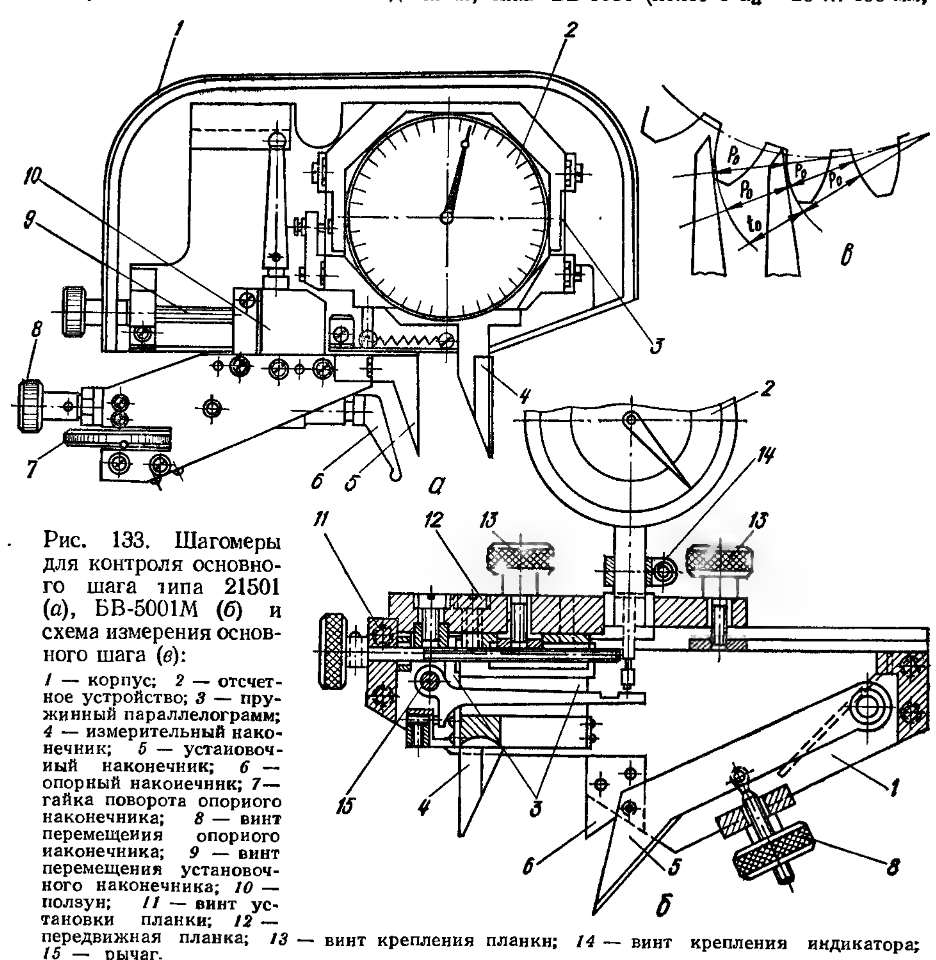


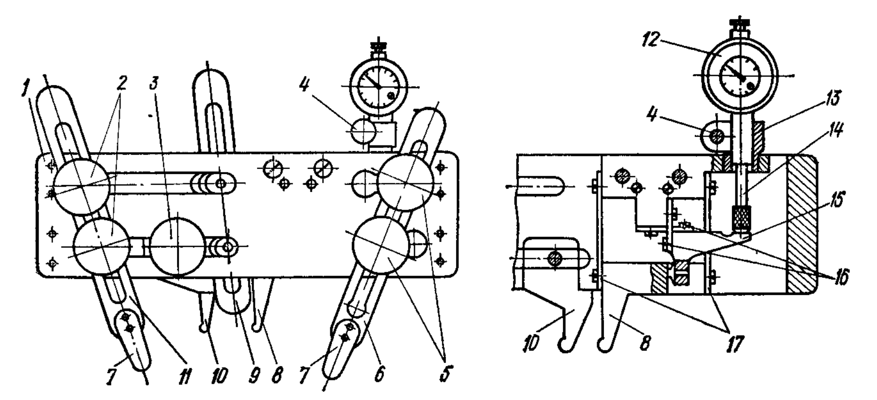
Рис. 133. Шагомеры для контроля основного шага типа 21501 (*а*), БВ-5001М (*б*) и схема измерения основного шага (*в*):

1 — корпус; *2* — отсчетное устройство; *3* — пружинный параллелограмм; *4* — измерительный наконечник; *5* — установочный наконечник; *6* — опорный наконечник; *7* — гайка поворота опорного наконечника; *8* — винт перемещения опорного наконечника; *9* — винт перемещения установочного наконечника; *10* — ползун; *11* — винт установки планки; *12* — передвижная планка; *13* — винт крепления планки; *14* — винт крепления индикатора; *15* — рычаг.

$m = 1...16$ мм). Отклонение шага зацепления от номинального измеряется с помощью шагомеров (ГОСТ 3883—81). Выпускаются шагомеры для контроля основного (рис. 133) и окружного (рис. 134) шагов. Основным шагом является расстояние между двумя параллельными касательными к двум смежным одноименным

профилям зубьев (рис. 133, *в*). В процессе измерения точного колеса расстояние P_0 между точками контакта плоскопараллельных измерительных наконечников с боковыми поверхностями двух соседних зубьев будет постоянно, независимо от того, в каком месте боковой поверхности зубьев произойдет контакт.

С помощью шагомеров основного шага типа 21501 контролируются колеса с $m = 1{,}75...10$ мм, типа 21601 — с $m = 8...16$ мм, типа 21701 с $m = 16...40$ мм и типа БВ = 5001М — с $m = 2...10$ мм.



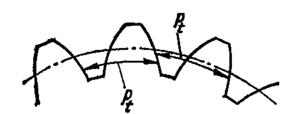


Рис. 134. Шагомер типа БВ-5043 для контроля окружного шага (*а*) и узел измерительной губки шагомера (*б*):

1 — корпус; *2*, *5* — стопорные винты для закрепления опорных ножек; *3* — винт крепления переставной губки; *4* — стопорный винт; *6*, *11* — передняя опорная ножка; *7* — торцевой упор; *8* — измерительная губка; *9* — задняя опорная ножка; *10* — переставная губка; *12* — индикатор; *13* — установочная цанга; *14* — измерительный стержень; *15* — рычаг; *16* — плоская пружина; *17* — пружинный параллелограмм.

Окружной шаг P_t (рис. 134) определяет расстояние между одноименными профилями двух соседних зубьев, измеренное по делительной окружности (или окружности соосной с ней). Шагомерами окружного шага типа БВ-5043 контролируются зубчатые колеса с $m = 2...16$ мм, типа БВ-5044 — с $m = 10...28$ мм.

Порядок измерений

Шагомер основного шага. При определении отклонений основного шага выбираются концевые меры для составления в блок, размер которого равен номинальному размеру основного шага контролируемого колеса. Ниже приведены значения основного шага контролируемого колеса в нормальном сечении (при угле зацепления $\alpha = 20°$) в зависимости от модуля:

Модуль	Основной шаг, мм	Модуль	Основной шаг, мм	Модуль	Основной шаг, мм
2	5,904	5	14,761	10	29,521
2,25	6,642	5,5	16,237	11	32,473
2,5	7,380	6	17,713	12	35,426
3	8,856	6,5	19,189	13	38,378
3,5	10,332	7	20,665	14	41,330
4	11,809	8	23,617	15	44,282
4,5	13,285	9	26,569	16	47,234

Основной шаг может быть определен также по формуле $t_0 = 2{,}9521m$.

Из выбранных концевых мер длины составляется блок, к которому притираются боковики: с одной стороны Г-образный, с другой — вильчатый. Блок с притертыми боковиками закрепляется в державке, которая в свою очередь устанавливается в стойке.

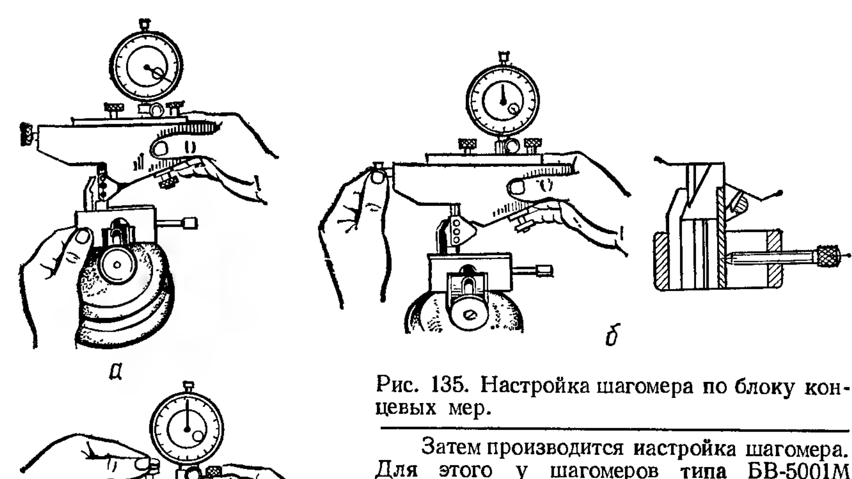


Рис. 135. Настройка шагомера по блоку концевых мер.

Затем производится настройка шагомера. Для этого у шагомеров типа БВ-5001М опорный наконечник вводится в контакт с вильчатым боковиком (рис. 135, *а*). Вращением винта планка перемещается до соприкосновения измерительного наконечника с Г-образным боковиком. При этом добиваются, чтобы стрелка индикатора находилась в пределах нормированного участка шкалы (рис. 135,*б*). После установки измерительных наконечников закрепляется передвижная планка (рис. 135, *в*) и поворотом ободка совмещается нулевой штрих со стрелкой.

При настройке шагомеров типов 21501, 21601, 21701 в контакт с вильчатым боковиком вводится установочный наконечник. Затем вращением винта перемещается ползун до соприкосновения измерительного наконечника с Г-образным боковиком

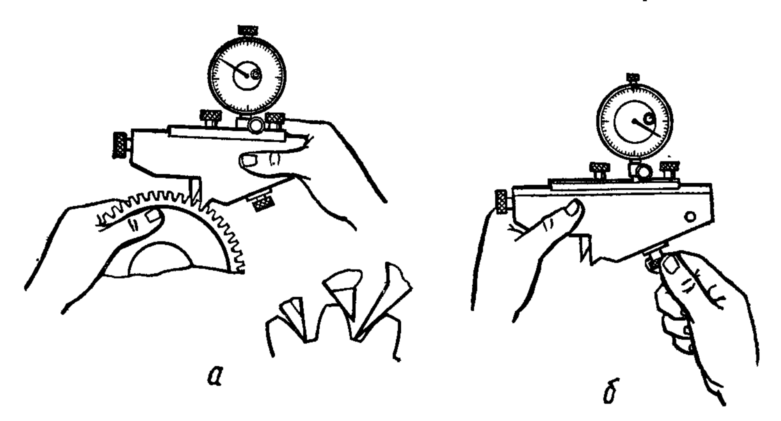


Рис. 136. Измерение шагомером основного шага зубчатого колеса.

и совмещения большой стрелки отсчетного устройства при натяге примерно 0,4 мм с нулевым делением шкалы. В этом положении ползун фиксируется стопорным винтом.

Шагомер устанавливается на зубчатое колесо (рис. 136, *а*). У шагомеров типа БВ-5001М вращением гайки установочный наконечник перемещается до упора в противоположный профиль впадины соседнего зуба (рис. 136, *б*), у шагомеров типа 21501 вращением винта и гайки перемещается опорный наконечник.

При определении отклонений шагомер следует слегка покачивать. Наибольшее отклонение стрелки от нулевого положения является предельным отклонением основного шага от его номинального значения. Индикатор с ценой деления 0,01 мм обес-

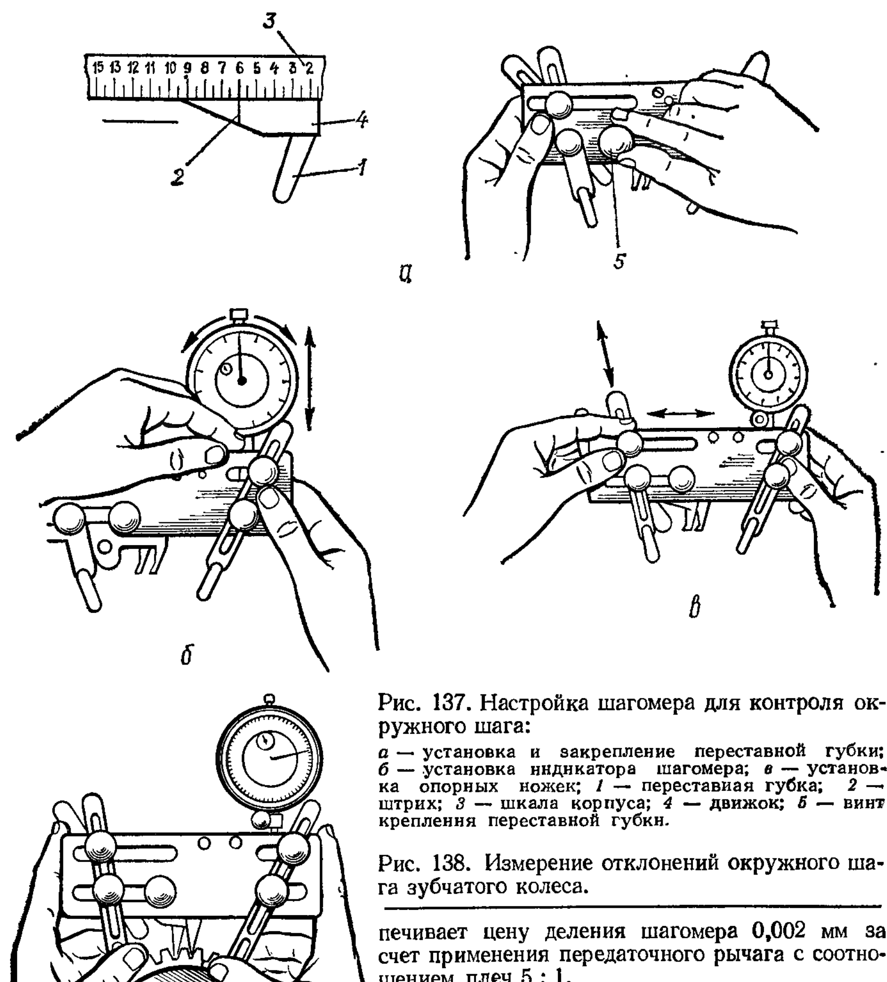


Рис. 137. Настройка шагомера для контроля окружного шага:

а — установка и закрепление переставной губки; *б* — установка индикатора шагомера; *в* — установка опорных ножек; *1* — переставная губка; *2* — штрих; *3* — шкала корпуса; *4* — движок; *5* — винт крепления переставной губки.

Рис. 138. Измерение отклонений окружного шага зубчатого колеса.

печивает цену деления шагомера 0,002 мм за счет применения передаточного рычага с соотношением плеч 5 : 1.

Шагомер окружного шага. Отклонение окружного шага измеряется следующим образом. Вдоль паза перемещается движок с переставной губкой до совмещения штриха, нанесенного на движке, со штрихом шкалы на корпусе прибора, соответствующим модулю колеса (рис. 137, *а*). В этом положении губка закрепляется.

Индикатор устанавливается в корпусе шагомера и закрепляется винтом при среднем положении измерительной (подвижной) губки и расположении стрелки индикатора в пределах нормированного участка шкалы (рис. 137, *б*). Последнее достигается перемещением индикатора вдоль оси в установочной цанге и поворотом шкалы относительно стрелки.

Опорные ножки (две передние и задняя) устанавливаются последовательно, для чего они перемещаются в своих пазах и пазах корпуса так, чтобы при соприкосновении закругленной части ножек с выступами зубьев (измерительной базой при измере-

нии является окружность выступов колеса) сферические измерительные наконечники переставной и измерительной губок касались профиля зубьев примерно в зоне делительной окружности контролируемого колеса (рис. 137, *в*). Проверку равномерности окружного шага можно производить по любой окружности, расположенной вблизи делительной и с ней концентричной. Необходимо лишь, чтобы оба измерительных наконечника прибора по возможности более точно были установлены на одинаковом расстоянии от окружности выступов. Опорные ножки в требуемом положении закрепляются стопорными винтами.

24. Определение накопленной погрешности основного окружного шага

Шаг между зубьями	Показания индикатора v_i, мкм	Отклонение окружных шагов от $v_{ср}$, мкм	Накопление ошибки в окружном шаге, мкм	Шаг между зубьями	Показания индикатора v_i, мкм	Отклонение окружных шагов от $v_{ср}$, мкм	Накопление ошибки в окружном шаге, мкм
1—2	0	+6,25	+ 6,25	8—9	—10	— 3,75	+35,00
2—3	+10	+16,25	+22,50	9—10	—20	—13,75	+21,25
3—4	+5	+11,25	+33,75	10—11	—15	—8,75	+12,50
4—5	—10	—3,75	+30,0	11—12	—30	—23,75	—11,25
5—6	+5	+11,25	+41,25	12—1	+5	+11,25	—0,0
6—7	—10	—3,75	+37,50	—	Σv_i = —75 мкм	—	$F_р$ = 41,25 —
7—8	— 5	+1,25	+38,75		$v_{ср}$ = —6,25 мкм		— (—11,25) =
							= 52,50 мкм

При ширине венца зубчатого колеса более 21 мм для установки шагомера используются закругленные части трех опорных ножек. При ширине венца зубчатого колеса менее 21 мм передние опорные ножки шагомера поворачиваются так,чтобы они опирались на вершину зубьев колеса закругленной частью, к которой прикреплены торцовые упоры. Торцовые упоры при измерении должны упираться в торец контролируемого колеса.

Перед измерением шагомер устанавливается на нуль по любой паре зубьев контролируемого колеса. Для этого шагомер накладывается на контролируемое колесо. При этом добиваются плотного соприкосновения шариков, запрессованных в выступы передних опорных ножек, с торцом колеса и контактирования закругленной части опорных ножек с окружностью выступов колеса. Поворотом ободка корректируется установка индикатора на нуль.

В процессе измерения шагомер последовательно накладывают на соседние пары зубьев до возвращения на исходную пару (рис. 138). С помощью индикатора определяется отклонение окружных шагов последующих пар от окружного шага первой пары зубьев. Индикатор с ценой деления 0,01 мм обеспечивает цену деления шагомера 0,005 мм за счет применения передаточного рычага с соотношением плеч 2 : 1.

При измерении окружного шага зубчатых колес, ширина венца которых более 21 мм, шагомер рекомендуется устанавливать на поверочной плите. Для этого снимается задняя опорная ножка, шагомер ставится тремя опорными штырями на поверочную плиту и закрепляется струбциной. Контролируемое зубчатое колесо последовательно поворачивается от зуба к зубу относительно наконечников закрепленного прибора.

По результатам, полученным при измерении отклонений окружных шагов по всей окружности зубчатого колеса, определяются разность основного окружного шага и накопленная погрешность окружного шага. Для анализа данных измерений их следует записать по форме, приведенной в табл. 24.

Наибольшая разность основного окружного шага определяется как абсолютная разность показаний индикатора. В данном примере v_p = 10 — (—30) = 40 мкм.

Накопленная погрешность окружного шага определяется в такой последовательности:

1) подсчитывается сумма всех показаний индикатора шагомера Σv_i и находится среднее арифметическое ряда показаний $v_{ср} = \Sigma v_i / z$;

2) определяется отклонение шага от среднего значения: $f_i = (v_i - v_{ср})$;

3) полученные отклонения шага последовательно суммируются;

4) накопленная погрешность шага F_p определяется как разность наибольшего и наименьшего чисел из полученного ряда.

ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ БОКОВОГО ЗАЗОРА

Типы и назначение

Одной из основных проверок по нормам бокового зазора является определение смещения исходного контура, осуществляемое для цилиндрических прямозубых и косозубых колес с помощью зубомера смещения (тангенциального зубомера).

Измерительные поверхности губок тангенциального зубомера (рис. 139) выполнены в виде опорной призмы с углом $2\alpha = 40°$. Базой измерения для тангенциальных зубомеров служит окружность выступов контролируемого колеса, относительно которой определяется положение исходного контура.

Тангенциальные зубомеры (ГОСТ 4446—81) изготовляются следующих типов: 2301 — для измерения зубчатых колес с модулем 2—10 мм; 2311 — для колес с модулем 8—40 мм и 2321 — для колес с модулем 28—60 мм.

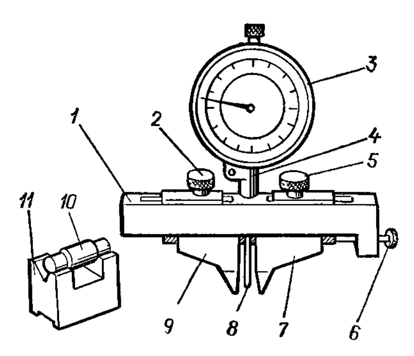


Рис. 139. Тангенциальный зубомер:

1 — корпус; *2, 5* — винты крепления измерительных губок; *3* — индикатор; *4* — установочная цанга; *6* — винт перемещения измерительных губок; *7, 9* — измерительные губки; *8* — измерительный наконечник; *10* — установочный ролик; *11* — призма.

Толщина зуба по постоянной хорде измеряется хордовыми зубомерами (микрометрическо-индикаторным), которые выпускаются следующих типов: ЗИМ-16 — для измерения зубчатых колес с $m = 1 ... 16$ мм; ЗИМ-32 — для колес с $m = 16...32$ мм.

Порядок измерений

Тангенциальный зубомер смещения. В соответствии с модулем контролируемого колеса выбирается установочный ролик. Диаметр ролика определяется по формуле $d_p = 1{,}2037\ m$, или выбирается из приведенных ниже данных:

Модуль	Диаметр ролика, мм	Модуль	Диаметр ролика, мм	Модуль	Диаметр ролика, мм
2	2,407	4,5	5,417	12	14,445
2,25	2,708	5	6,019	14	16,852
2,5	3,009	5,5	6,620	16	19,260
2,75	3,310	6	7,222	18	21,667
3	3,611	6,5	7,842 *	20	24,074
3,5	4,213	7	8,426	22	26,482
3,75	4,514 *	8	9,630	25	30,092
4	4,815	9	10,834	28	33,704
4,25	5,116 *	11	13,241		

* Могут быть изготовлены по заказу потребителя.

Выбранный ролик укладывается на призматическую подставку, и на нем устанавливается зубомер так, чтобы последний касался опорными поверхностями губок цилиндрической поверхности ролика.

Затем с помощью винта губки прибора передвигаются до тех пор, пока контакт между скошенными поверхностями губок и цилиндрической поверхностью ролика произойдет несколько выше середины высоты и по всей ширине опорных поверхно-

стей зубомера (рис. 140, *а*). Губки закрепляются стопорными винтами. Индикатор устанавливается и передвигается в цанговом зажиме (зубомер удерживается в контакте с установочным роликом) до контакта наконечника индикатора с образующей ролика. При этом стрелка индикатора должна располагаться в пределах нормированного участка шкалы. После этого индикатор закрепляется (рис. 140, *б*). Поворотом ободка совмещается нулевой штрих шкалы со стрелкой (рис. 140, *в*).

Несколькими повторными установками зубомера на установочный ролик проверяется стабильность показаний зубомера, и если она нарушена, то корректируется поворотом ободка.

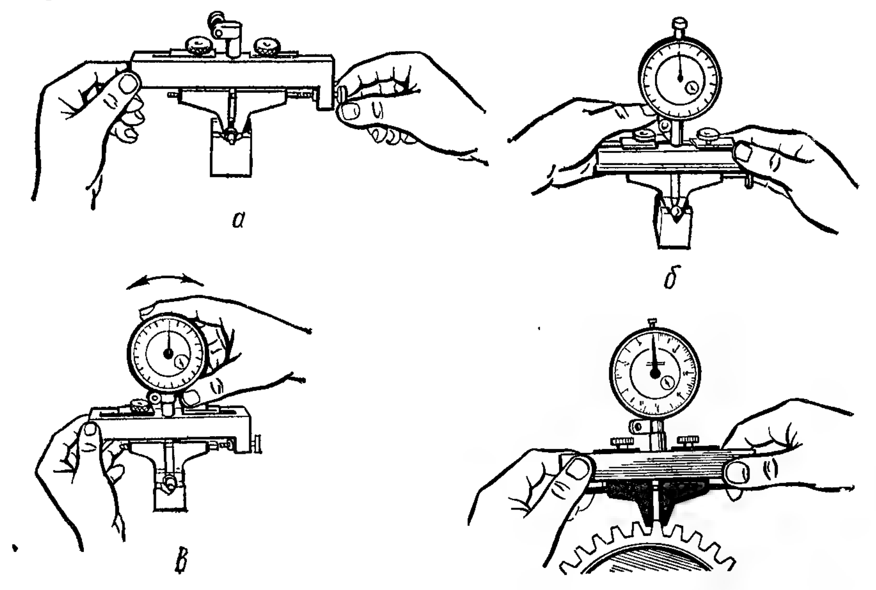


Рис. 140. Настройка тангенциального зубомера:
а—в — установка соответственно губок, индикатора и шкалы индикатора на нуль.

Рис. 141. Измерение тангенциальным зубомером.

Далее необходимо установить тангенциальный зубомер на контролируемый зуб и, слегка покачивая вокруг оси колеса (рис. 141), найти наибольшую величину показаний индикатора. При этом контакт боковых поверхностей зуба с опорными измерительными поверхностями губок зубомера должен быть по всей ширине губок.

Величина наибольшего по абсолютному значению отклонения стрелки индикатора от нуля, полученная при проверке зуба колеса, представляет собой смещение исходного контура. Смещение стрелки индикатора в процессе измерения зуба от нуля вправо (в плюс) указывает на уменьшение толщины зуба, а влево (в минус) — на увеличение толщины зуба.

Хордовый зубомер. Перед измерением хордовым зубомером толщины зуба по постоянной хорде производится проверка показания инструмента. Для этого вращением микровинта соединяются измерительные губки (как у гладкого микрометра), а затем мерительная плоскость высотной линейки и кромки губок приводятся в контакт с поверочной плитой или лекальной линейкой вращением микрометрической головки высоты за трещотку (как у микрометрического глубиномера). Нулевые штрихи круговой шкалы барабана и стебля должны совпадать. При необходимости барабаны микрометрических головок переустанавливаются.

После проверки индикатор закрепляется в установочной цанге.

Высотная линейка вращением барабана микрометрической головки высоты (рис. 142) выставляется на размер, равный расстоянию h от постоянной хорды до окружности выступов (рис. 143). Для прямозубых колес с $\alpha = 20°$ величина установки

высотной линейки $h = 0,7476m$, а теоретическая толщина зуба по постоянной хорде $s_c = 1,387m$.

При помощи микрометрической головки устанавливается расчетная толщина зуба по постоянной хорде. Стрелка индикатора выставляется на нуль.

Зубомер устанавливается на контролируемом зубе колеса так, чтобы он упирался мерительной плоскостью высотной линейки в вершину зуба (рис. 143). При измерении необходимо следить за тем, чтобы зубомер был поставлен на головку зуба точно в плоскости, перпендикулярной к образующей зуба, а мерительная плоскость высотной линейки прибора была перпендикулярна к радиусу колеса, проходящего через середину зуба.

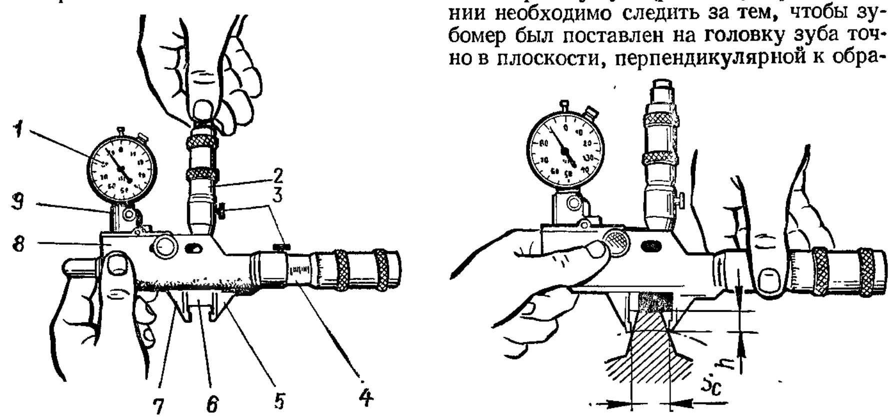


Рис. 142. Настройка хордового зубомера:

1 — измерительная головка (индикатор); *2* — микрометрическая головка высоты; *3* — стопорный винт микрометрической головки; *4* — микрометрическая головка измерения толщины зуба; *5* — измерительная неподвижная губка; *6* — высотная линейка; *7* — измерительная подвижная губка; *8* — корпус; *9* — установочная цанга.

Рис. 143. Измерение толщины зуба по постоянной хорде.

По индикатору определяется отклонение длины хорды от расчетной величины.

Глава VIII

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

КОНТАКТНЫЕ ПРОФИЛОГРАФЫ И ПРОФИЛОМЕТРЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРОФИЛЯ

Конструкция и назначение

Контактные приборы последовательной оценки профиля подразделяются на профилометры (ГОСТ 19300—73) — щуповые электромеханические приборы, предназначенные для определения числовых значений параметров шероховатости поверхности, и профилографы-профилометры (ГОСТ 19299—73) — приборы для регистрации координат профиля измеряемой поверхности и определения числовых значений параметров шероховатости поверхности.

Характеристика некоторых моделей этих приборов приведена в табл. 25.

Профилограф-профилометр модели 252 (тип А, группа I) предназначен для измерения в лабораторных условиях шероховатости и волнистости поверхностей деталей из металла и неметаллических материалов, сечение которых в плоскости измерения представляет прямую линию.

По показывающему отсчетному устройству прибора определяются следующие параметры шероховатости поверхности: Ra — среднее арифметическое отклонение профиля; H max — высота наибольшего выступа профиля; H min — глубина наиболь-

25. Характеристика профилометров и профилографов-профилометров

Прибор	Пределы измерения параметров шероховатости						
	Ra, мкм	Rmax, мкм (Hmax, Hmin)	tp, %	n	Rz, мкм	S, S_m, мм	Вертикальное увеличение
Профилографы-профилометры моделей:							
252 профилометр	0,02—100	0,1—200	10—90	До 1000	—	—	От 200 до 100 000 (9 ступеней)
профилограф	0,05—60	0,02—250	10—90		0,02—250	0,003—12,5	
201 и 202 профилометр	0,04—8	—	—		—	—	От 1000 до 200 000 (8 ступеней)
профилограф	0,05—20	0,025—80	10—90		0,025—80	0,003—12,5	
Профилометры моделей:							
283	0,02—10						
253	0,02—3,2	—	—	—	—	—	—
240	0,04—5,0						

Прибор	Пределы измерения параметров шероховатости				
	Горизонтальное увеличение	Длина трассы ощупывания, мм	Значения отсечек шага, мм	Наименьший диаметр измеряемого отверстия, мм	Скорость трассирования датчика, мм/мин
Профилографы-профилометры моделей:					
252 профилометр	От 0,5 до 2000 (12 ступеней)	1,5; 3; 6		3 (на глубине до 5 мм)	60
профилограф		50			0,6; 6; 60
201 и 202 профилометр	От 2 до 4000 (10 ступеней)	1,6; 3,2; 6	0,08 0,25; 0,8 2,5	8 на глубине до 1 м)	42
профилограф		40		3 (на глубине до 5 мм у мод 202)	0,2; 1; 10
Профилометры моделей:					
283		1,5; 4,8		6 (на глубине до 20 мм)	15; 48
253	—	3,2			37,2
240		3,2	0,25; 0,8	22 (на глубине до 12 мм)	64

Примечание. Для профилографа-профилометра модели 252 уровни сечения профиля при измерении t_p составляют 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80 и 90 %.

шей впадины профиля; tp — относительная опорная длина профиля; n — число шагов неровностей в пределах длины трассы ощупывания (по базовой линии).

Операции измерений выполняются на сменных опорных колодках с радиусом закругления 125 мм с регулируемой нагрузкой на опору. Кроме того, при помощи приспособления с внешней опорой на приборе можно проверять волнистость совместно с шероховатостью (при шаге более 2,5 мм), а применив промежуточный щуп с радиусом

сферы 2 мм, волнистость без шероховатости. Проверка отверстий диаметром от 3 мм производится также от внешней базы на стойке с прямолинейной опорой.

Предел допустимой систематической погрешности для профилографа равен 2,5 %, для профилометра при измерении *Ra* — 5 % и при измерении *H* max, *H* min, *tp* и *n* — 15 %.

Принципиальная схема прибора показана на рис. 144. Принцип действия прибора основан на ощупывании неровностей исследуемой поверхности алмазной иглой и преобразовании возникающих при этом колебаний с помощью дифференциального индуктивного преобразователя в пропорциональные им изменения электрического напряжения. Полученные изменения напряжения подвергаются соответствующей обработке и результаты выдаются на отсчетное устройство или записывающий прибор.

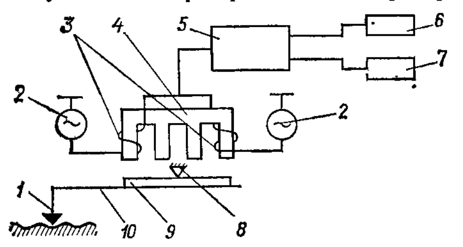


Рис. 144. Принципиальная схема профилографа-профилометра модели 252.

Измерительный преобразователь профилографа-профилометра представляет собой индуктивный преобразователь, магнитная система которого состоит из Ш-образного сердечника с двумя катушками и качающихся на ножевой опоре коромысла *10* с якорем *9*. На конце коромысла *10* закреплена алмазная игла *1* (радиус закругления иглы составляет 10 ± 2 мкм), ощупывающая измеряемую поверхность. При перемещении в процессе измерения преобразователя относительно поверхности измеряемой детали игла *1* и якорь колеблются на опоре *8* относительно сдвоенного Ш-образного сердечника *4*, на котором закреплены две индуктивные катушки *3* дифференциального преобразователя. Катушки включены в мостовую измерительную схему, питающуюся от стабилизированного генератора *2* синусоидальным напряжением с частотой 10 кГц. При колебании якоря изменяются воздушные зазоры между сердечником и якорем, индуктивности катушек и соответственно изменяется выходное напряжение мостовой измерительной схемы. Эти выходные сигналы, амплитуда которых пропорциональна высоте микронеровностей измеряемой поверхности, а частота соответствует шагу микронеровностей, поступают на блок управления *5*, счетно-решающий блок *6* и записывающее устройство *7*. Числовые значения измеренных параметров шероховатости поверхности определяются с помощью пятиразрядного цифрового устройства, что повышает производительность работы на приборе и объективность отсчета. Записывающее устройство используется для регистрации профилограмм измеренного профиля поверхности. Запись неровностей производится электротермическим способом иа профилограммной графитизированной ленте с шириной поля записи 50 мм в прямоугольных координатах.

Профилограф-профилометр (рис. 145, *а*) состоит из стойки *1* с мотоприводом *2*, индуктивного измерительного преобразователя с алмазной иглой *11*, счетно-решающего (решающее и цифровое отсчетное устройство) блока *4*, блока управления *5*, записывающего прибора *9* для записи профилограмм поверхности на диаграммной ленте *8*.

На основании *7* стойки устанавливается универсальный предметный стол *10* с двухкоординатным микрометрическим перемещением на 20 мм (позволяющим перемещать деталь в двух взаимно перпендикулярных направлениях) и маховиком наклона стола для выверки параллельности направления перемещения иглы и проверяемой поверхности.

С целью расширения эксплуатационных возможностей прибор снабжается приспособлением для измерения шероховатости поверхности малых отверстий и пазов, приспособлением для измерения волнистости, призмой для установки цилиндрических деталей.

По вертикальной колонке стойки *1* при помощи маховика *14* перемещается мотопривод *2* с кареткой. На корпусе мотопривода установлены переключатель скоростей перемещения датчика *13*, переключатель перемещений *12* и смотровое окно *6* для наблюдения перемещения датчика. При положении переключателя *12* в положение «*Р*» ощупывающая головка перемещается вручную маховиком *3*; в положении «*И*» головка перемещается автоматически.

Усиление и преобразование электрических сигналов измерительного преобразователя, а также управление работой прибора осуществляется электронным блоком (блоком управления) и измерительным блоком, которые связаны соединительными кабелями с мотоприводом, измерительным преобразователем, счетно-решающим блоком и записывающим прибором.

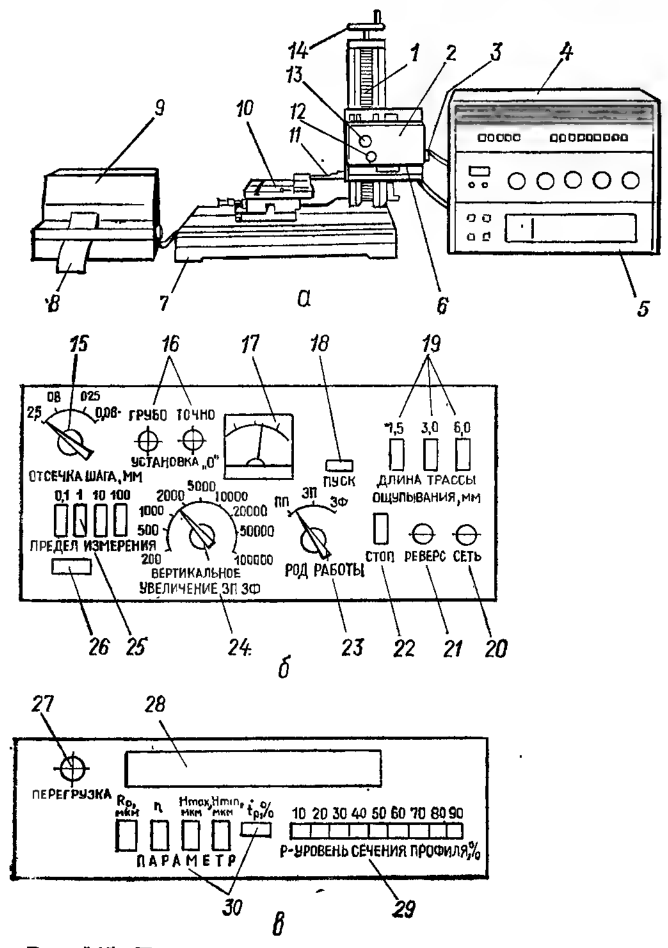


Рис. 145. Профилограф-профилометр модели 252:

а — общий вид; *б* — блок управления; *в* — счетно-решающий блок.

Счетно-решающий блок производит дальнейшую обработку электрических сигналов измерительного преобразователя и выдает результаты измерения на цифровое отсчетное устройство. Органы управления прибором показаны на рис. 145, *б* и *в*. Переключателем *15* отсечки шага устанавливается базовая длина. Потенциометры *16* используются для установки пера записывающего прибора в поле записи профилограммной ленты и установки во время измерений стрелки индикатора *17* рабочей зоны в пределах шкалы. Стрелку индикатора *17* можно ввести в рабочую зону также наклоном предметного стола. Кнопка *18* служит для пуска прибора. Кнопочный переключатель *19* служит для установки длины трассы ощупывания. При помощи тумблера *20* включается питание от сети. Тумблером *21* осуществляется реверсирование

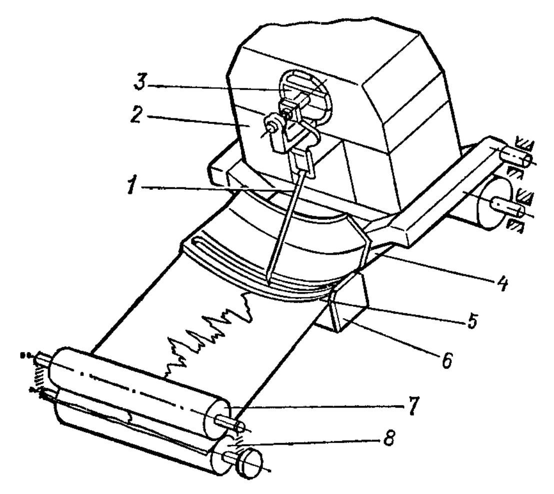
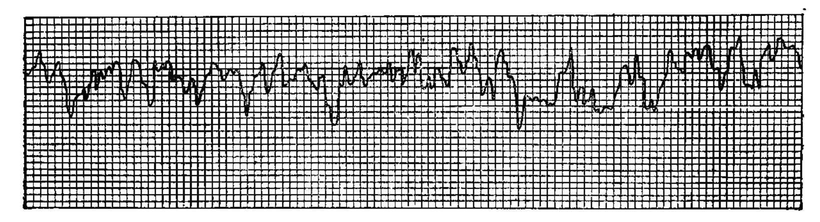
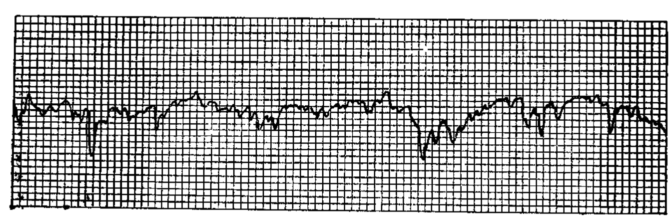


Рис. 146. Схема записывающего прибора профилографа-профилометра.

ощупывающей головки в исходное положение. Кнопка *22* служит для остановки движения головки; если тумблером *21* включено реверсирование, то головка вернется в исходное положение, в противном случае она будет двигаться до конца трассы. Переключателем *23* задается род работ: «ПП» — цифровой отсчет измеряемого параметра шероховатости, «ЗП» — обычная запись профилограммы, «ЗФ» — запись с применением требуемых фильтров отсечки шага. Переключателем *24* устанавливается требуемое вертикальное увеличение при записи. Кнопочным переключателем *25* задаются пределы измерения, получающиеся перенесением запятой от положения *1* вправо или влево на соответствующее число знаков. В зависимости от применяемой ощупывающей головки (обычной или для малых отверстий) используется соответствующий



В.у. 10000, г.у. 500, Ra = 0,63мкм



В.у. 10000, г.у. 500, Ra = 0,32мкм

Рис. 147. Образцы профилограмм поверхности.

сменный блок потенциометров *26*. Индикаторная лампа *27* сигнализирует о переполнении старшего разряда цифровой линейки. В этом случае необходимо изменить предел измерения переключателем *25*. Отсчетное устройство *28* состоит из пяти индикаторных ламп, каждая из которых высвечивает соответствующую результату измерения цифру разряда в числовом значении измеряемой величины. Кнопочным переключателем *29* задаются значения уровня сечения профиля при измерении параметра t_p. С помощью кнопочного переключателя *30* задаются измеряемые параметры *Ra*, *n*, *H* max, *H* min, t_p.

Профиль измеряемой поверхности записывается самопишущим магнитоэлектри-

ческим миллиамперметром постоянного тока (рис. 146). Диаграммная графитизированная бумага *4* протягивается валиками *7* и *8* через узкую щель, образованную подушкой и прижимным сектором *5*. Верхний валик *7* является прижимным, а нижний *8* — ведущим. Последний получает вращение от электродвигателя через коробку скоростей, позволяющую регулировать скорость движения бумаги. Записывающее перо *1* закреплено на рамке *3*, расположенной в магнитном поле постоянного магнита *2*. При изменении напряжения рамка поворачивается на соответствующий угол, фиксируемый пером. Запись осуществляется изотермическим способом. Образцы профилограмм приведены на рис. 147.

Порядок измерений

Перед началом измерений ощупывающую головку необходимо присоединить к мотоприводу и осторожно, поддерживая головку рукой за трубку, опустить иглу на чистую поверхность (концевая мера, плоская стеклянная пластина), пользуясь маховиками подъема мотопривода. Рекомендуется, чтобы при включенном приборе игла опиралась на какую-нибудь поверхность.

Электронный блок соединяется с мотоприводом и с записывающим прибором. При помощи тумблера питания прибор подключается к сети переменного тока (для приборов моделей 201, 202 необходим предварительный прогрев перед работой в течение 15—20 мин).

Переключатель рода работ электронного блока устанавливается в положение «*ПП*» — при отсчете проверяемого параметра шероховатости, «*ЗП*» или «*ЗФ*» — при записи профилограммы.

Измеряемая деталь протирается и устанавливается на предметном столе прибора (цилиндрическая деталь устанавливается с использованием призмы).

С помощью сферических опор измерительный преобразователь устанавливается на измеряемой поверхности и опускается до соприкосновения иглы датчика с измеряемой поверхностью. Далее регулируется настройка ощупывающей головки. Для этого маховиком подъема поднимается и опускается мотопривод. Стрелка индикатора рабочей зоны должна быть между нулевым и первым делениями.

При измерении движение ощупывающей головки должно происходить параллельно измеряемой поверхности, в противном случае профилограмма будет перекошена относительно продольных линий профилограммной ленты, а при измерениях показывающий прибор будет давать неправильные показания. Параллельность сначала устанавливается визуально по положению корпуса головки подъемом и опусканием мотопривода или изменением наклона предметного стола. Эти операции можно выполнять, не останавливая движения иглы при измерениях. Параллельность контролируется по положению стрелки индикатора рабочей зоны.

Измерение параметров Ra, H max, H min, tp, n выполняется в следующем порядке. Переключатель рода работ устанавливается в положение «*ПП*», а переключатель длины трассы ощупывания — в положение, соответствующее выбранной длине. Переключатель отсечки шага (базовой длины) переводится в положение, соответствующее выбранной базовой длине. Переключатель скоростей перемещения датчика устанавливается в положение 60 мм/мин. Ручное или автоматическое перемещение ощупывающей головки выставляется переключателем, размещенном на мотоприводе. Требуемые пределы измерения и измеряемый параметр шероховатости устанавливаются соответствующими кнопочными переключателями.

Ощупывающая головка устанавливается в исходное положение при помощи тумблера «реверс». При этом корпус головки приподнимается рукой.

Рабочее движение ощупывающей иглы включается при нажатии кнопки «Пуск» (взвод и рабочий ход ощупывающей головки происходят автоматически).

После окончания движения измерительного преобразователя производится отсчет измеряемого параметра шероховатости по цифровому отсчетному устройству.

Измерение следует проводить на 5—10 различных участках измеряемой поверхности. Средняя арифметическая величина этих измерений и будет характеризовать искомую шероховатость.

Для записи профилограммы переключатель рода работ устанавливается в положение «*ЗП*» или «*ЗФ*». Соответствующими переключателями выставляются скорость перемещения датчика и требуемое вертикальное увеличение при записи. Скорость перемещения профилограммной ленты при необходимом горизонтальном увеличении

выбирается в зависимости от скорости перемещения датчика. При помощи потенциометров перо записывающего прибора помещается на середине ленты (при выключенном записывающем приборе). Тумблером *«Реверс»* ощупывающая головка устанавливается в исходное положение. Выключатель движения ленты переводится в положение *«Включено»*. При нажатии кнопки *«Пуск»* включается рабочее движение ощупывающей иглы (перемещение ленты начинается только с началом движения измерительного преобразователя), по окончании записи выключатель ленты переключается в положение *«Выключено»*. Затем выключается прибор.

ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРОФИЛЯ

Типы и назначение

Параметры шероховатости поверхности *Rz*, *R* max и *S* измеряются бесконтактными методами с помощью оптических приборов: микроинтерферометров (ГОСТ 9847—79), приборов светового сечения (ГОСТ 9847—79), теневого сечения, растровых измерительных микроскопов (табл. 26).

26. Характеристики приборов для измерения параметров шероховатости поверхности

Прибор	Пределы измерения: *Rz*, *R* max, мкм	Пределы измерения: *S*, *Sm*, мм	Базовые длины, мм	Увеличение сменных объективов, раз	Общее увеличение с окуляром×15, раз	Линейное поле зрения, мм	Допустимая погрешность показания, %
Теневого сечения ПТС-1	320—40	6,3—0,02	8; 2,5; 0,8; 0,25	1; 2; 3,7	15; 30; 55	11; 6,3; 2,9	±15
Светового сечения ПСС-2	40—0,8	2,5—0,002	2,5; 0,8; 0,25; 0,08; 0,03; 0,01	5; 15; 22; 50	75; 226; 337; 750	3,6; 1,2; 0,8; 0,36	±(8—24)
Растровый измерительный микроскоп ОРИМ-1	40—0,4	2,5—0,002	2,5; 0,8; 0,25; 0,08; 0,03; 0,01	—	—	2,5; 0,8; 0,4	±16

Микроинтерферометры: двухлучевые (МИИ-4, МИИ-5, МИИ-15), однообъективный (МИИ-9), иммерсионно-репликовый (МИИ-10) предназначены для измерения параметров неровностей высотой от 0,03 до 1 мкм поверхностей, обладающих достаточной отражательной способностью. Технические характеристики микроинтерферометров приведены в табл. 27.

Оптическая схема микроинтерферометра показана на рис. 148, *а*. Пучок света от лампы *1* проецируется конденсором *2*, между линзами которого установлен светофильтр, в плоскость ирисовой апертурной диафрагмы *3*. Изображение апертурной диафрагмы *3* объективом *5* и полупрозрачной пластиной *8* проецируется в плоскости входа двух микрообъективов *7* и *10*, а изображение полевой диафрагмы *4* проецируется в бесконечность. Объективы *7* и *10* проецируют вторичные изображения полевой диафрагмы *4* на измеряемую поверхность *6* и плоское зеркало *11*, которое используется в качестве образцовой поверхности. Компенсирующая пластина *9* служит для уравнения длины хода в стекле двух интерферирующих пучков световых лучей.

Отраженные от зеркала *11* и измеряемой поверхности *6* лучи проходят через микрообъекты *7* и *10*, соединяются в полупрозрачной пластине *8* и при помощи объектива *12* и зеркала *13* направляются в окуляр *17* (винтовой окулярный микрометр). В фокальной плоскости окуляра наблюдается изображение измеряемой поверхности с системой интерференционных полос на ней, образованных соединившимися пучками когерентных лучей. Ширину и направление полос можно изменять, смещая объектив *10* относительно оси с помощью микрометрического механизма. Для фотографирования интерференционной картины ее изображение с помощью объектива *14* и зеркала *15* получается в кадровом окне *16* (зеркало *13* при этом выводится из хода лучей).

27. Характеристики микроинтерферометров

Тип	Пределы измерения Rz, мкм	Увеличение при визуальном наблюдении, раз	Увеличение при фотографировании, раз	Поле зрения, мм		Погрешность показаний, %
				при визуальном наблюдении	при фотографировании	
МИИ-4	0,03—1	490	260	0,32	0,10	±(10—15) при $Rz = 0,6...1$ мкм
МИИ-5	0,03—1	490	—	0,32	—	±(30—45) при $Rz = 0,05...$ ...0,1 мкм
МИИ-9	0,03—1	500 и 700	125	0,35 и 0,25	0,19×0,29	
МИИ-10	0,1—1	375 и 500	200	0,48 и 0,36	0,12×0,18	±(10—45)
МИИ-11	0,005—1	50	—	3	—	

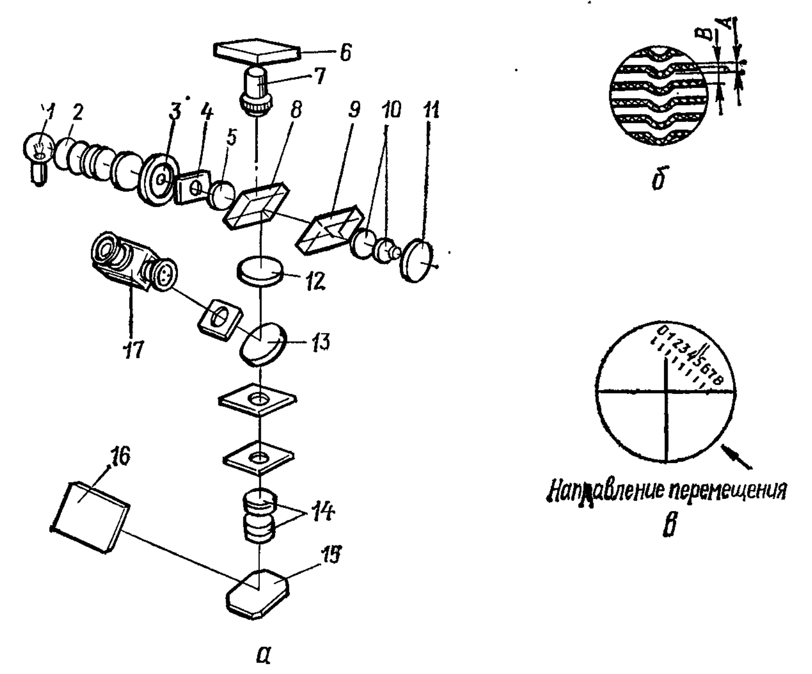


Рис. 148. Микроинтерферометры:

а — оптическая схема микроинтерферометра МИИ-4; *б* — интерференционные полосы в поле зрения окуляра; *в* — поле зрения окулярного микрометра МОВ-1 (×15).

Форма интерференционных полос в увеличенном масштабе воспроизводит профиль измеряемого участка поверхности. Величина искривления интерференционных полос, обусловленного влиянием неровностей поверхности, измеряется винтовым окулярным микрометром МОВ-1, имеющим 15-кратное увеличение.

Высота неровностей $H = (A/B)\ (\lambda/2)$, где A — величина искривления интерференционной полосы; B — ширина интервала полос (рис. 148, *б*) в делениях

круговой шкалы барабана винтового окулярного микрометра; $\lambda \approx 0{,}55$ мкм — длина волны света, применяемого при измерениях.

Измерительная часть винтового окулярного микрометра включает две прозрачные пластины. На неподвижной пластине нанесено восемь делений с интервалом 1 мм, а на подвижной — перекрестие и двойной штрих (рис. 148, *в*). Подвижная пластина перемещается вращением барабана микрометрического винта (шаг 1 мм) под углом 45° по отношению к линиям перекрестия. При измерении искривления интерферен-

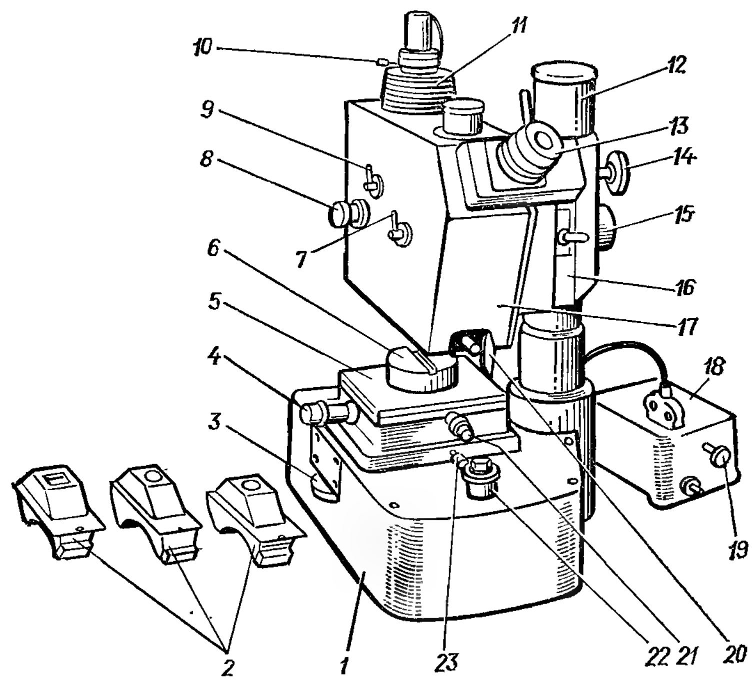


Рис. 149. Прибор светового сечения ПСС-2.

ционной полосы (обычно в средней части поля зрения) следует одну из линий перекрестия выставлять вдоль полос и затем поочередно совмещать с выступом и впадиной, делая каждый раз отсчеты показаний по круговой шкале барабана микрометрического винта (цена деления 0,01 мм) и по миллиметровой шкале неподвижной пластины (цена деления 1 мм). Разность этих двух отсчетов и дает искомую величину искривления интерференционной полосы (или ширину интервала полос).

По результатам измерений на базовой длине вычисляется параметр *Rz*. Для определения параметра *Ra* интерференционная картина фотографируется и фотография обрабатывается на проекторе.

Конструкция микроскопа ПСС-2 показана на рис. 149.

Порядок измерений

Перед измерением параметров шероховатости поверхности деталей прибор светового сечения ПСС-2 настраивается в следующем порядке. Из прилагаемых к микроскопу сменных объективов (табл. 28) выбирается подходящая пара объективов, обойма *2* с этой парой устанавливается в нижнее гнездо оптической головки *17* и закрепляется рукояткой *20* (рис. 149). Выбор объективов производится в соответствии с ожидаемыми результатами измерения параметров шероховатости. Если при этом в процессе измерения выясняется, что неровности поверхности лежат вне пределов, рекомендованных для измерения данной парой объективов, то следует заменить объективы другими, как правило, соседними по таблице 28.

На предметном столе *5* деталь *6* размещается так, чтобы измеряемая поверхность была параллельна плоскости столика (с точностью до ~1°), а следы от обработки были перпендикулярны к изображению щели, т. е. были бы приблизительно параллельны плоскости, проходящей через оси микроскопов. Предметный стол может для этого перемещаться в горизонтальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях в пределах до 10 мм с помощью микрометрических винтов *4* и *21*, имеющих цену деления барабана 0,01 мм. Кроме того, предметный стол можно поворачивать вручную вокруг вертикальной оси основания *1* прибора и наклонять вокруг горизонтальной оси на ±3° вращением кольца *3*. Стол закрепляется стопорным винтом *23*.

28. Характеристики сменных объективов микроскопа ПСС-2

Параметр	Фокусное расстояние, мм			
	40	13,2	8,9	4,0
Апертура	0,11	0,30	0,40	0,50
Увеличение объектива с дополнительной линзой, раз	5	15	22	50
Общее увеличение:				
с МОВ — 4 × 15	75	226	337	750
при фотографировании	6,6	20	30	66
Линейное поле зрения, мм	3,60	1,20	0,80	0,36
Пределы измерения *Rz*, мкм	10—40	3,2—10	1,6—6,3	0,8—1,6
Допустимая погрешность показаний, ±%	8—11	14—18	18—21	21—24

Грубая фокусировка микроскопа осуществляется перемещением кронштейна *16* с оптической головкой *17* по колонке *12* с помощью барашка *15* (необходимо установить кронштейн по высоте так, чтобы расстояние от оправ объективов до поверхности детали составило 10—15 мм). Кронштейн закрепляется в нужном положении рукояткой *14*.

Далее питание осветительной лампочки проектирующего микроскопа включается через трансформатор *18*, и поворотом рукоятки реостата *19* регулируется накал лампы. Точная фокусировка достигается перемещением предметного стола при вращении микрометрического винта с помощью барабана *22* с ценой деления 0,006 мм. При настройке прибора поворотом рукоятки *9* включается одна из сменных диафрагм (темный штрих). Выполняя фокусировку объективов нужно добиваться, чтобы в центре поля зрения появилось резкое изображение измеряемой поверхности и изображение темного штриха. Барабаном *8* следует привести темный штрих в центр поля зрения и совместить его с изображением измеряемой поверхности. Поворотом лампы осветителя *11* вокруг оси и качанием ее винтом *10* добиваются равномерной освещенности поля зрения.

При помощи рукоятки *9* темный штрих заменяется на широкую щель. Винтовой окулярный микрометр *13* МОВ-4 устанавливается так, чтобы одна из нитей его перекрестия была параллельна изображению щели. При этом направление перемещения нитей перекрестия составляет с изображением щели угол 45°.

Для измерения высоты неровностей горизонтальная нить перекрестия последовательно совмещается сначала с верхним краем (выступ), а затем с нижним краем (впадина) изображения неровности.

При каждом наведении снимается отсчет по видимым в окне в поле зрения окулярного микрометра миллиметровой шкале (сверху) и части круговой шкалы лимба (снизу). Повороту лимба на 1 деление соответствует перемещение перекрестия на 0,01 мм. Отсчет по шкалам делается по штриху, пересекающему обе шкалы. Разность отсчетов, сделанных по выступу и впадине, дает величину *b* искривления изображения щели в условных единицах. Высота неровностей *H* (мкм) находится по формуле $H = j_б b$, где $j_б$ — цена деления шкалы лимба окулярного микрометра.

Для определения величины *Rz*, соответствующей исследуемой поверхности, выбирается несколько неровностей, характерных для поверхности, повторяющихся в разных местах и расположенных на установленной базовой длине. Среднее арифметическое этих высот определит искомое значение *Rz*.

Цена деления шкалы лимба окулярного микрометра определяется путем измерения на микроскопе расстояния между штрихами объект-микрометра. Объект-микрометр, представляющий собой шкалу с ценой деления 0,01 мм, помещается на столе микроскопа таким образом, чтобы штрихи его были перпендикулярны к изображению щели. Окулярный микрометр устанавливается так, чтобы перемещение перекрестия происходило вдоль шкалы объект-микрометра. На объект-микрометре выбирается наибольший участок, на котором изображение штрихов достаточно четкое. Перекрестие нитей последовательно совмещается со штрихами на краях выбранного участка объект-микрометра и производятся соответствующие отсчеты по шкале лимба окулярного микрометра.

Цена деления шкалы лимба окулярного микрометра $j_б = 10z/[2\ (A_2 - A_1]$, мкм, где $(A_2 - A_1)$ — разность отсчетов по шкале лимба окулярного микрометра при измерении z делений шкалы объект-микрометра.

Переход от визуального наблюдения к фотографированию осуществляется переключением рукоятки 7.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Берков В. И.** Технические измерения : Альбом.— М. : Высш. шк., 1977.— 230 с.

2. **Васильев А. С.** Основы метрологии и технические измерения.— М. : Машиностроение, 1980.— 190 с.

3. **Воронин Ю. В., Рубцов А. А.** Контроль измерительных приборов и специального инструмента.— М. : Машиностроение, 1981.— 198 с.

4. **Данилевич Ф. М., Никитин В. А., Смирнова Е. П.** Сборка и юстировка оптических контрольно-измерительных приборов.— Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1976.— 255 с.

5. **Дунин-Барковский И. В., Карташова А. Н.** Измерение и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности.— М. : Машиностроение, 1978.— 230 с.

6. **Журавлев А. Н.** Допуски и технические измерения.— М. : Высш. шк., 1981.— 252 с.

7. **Коваленко А. В.** Контроль деталей, обработанных на металлорежущих станках.— М. : Машиностроение, 1980.— 165 с.

8. **Козловский Н. С., Виноградов А. Н.** Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения.— М. : Машиностроение, 1982.— 284 с.

9. **Марков А. Л., Волосевич Ф. П.** Краткий справочник контрольного мастера машиностроительного завода.— Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1973.— 312 с.

10. **Марков А. Л.** Измерение зубчатых колес.— Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1977.— 306 с.

11. **Ознобишин Н. С., Лурье А. М.** Технический контроль в механических цехах.— М. : Высш. шк., 1979.— 218 с.

12. **Справочник** контролера машиностроительного завода / Под ред. А. И. Якушева.— 3-е изд.— М. : Машиностроение, 1980.— 527 с.

13. **Средства** для линейных измерений / Б. Н. Сорочкин, Ю. З. Тененбаум, А. П. Курочкин, Ю. Д. Виноградов — Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978.— 260 с.

14. **Цейтлин Я. М.** Нормальные условия измерений в машиностроении. Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981.— 222 с.

15. **Якушев А. И.** Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения.— М. : Машиностроение, 1979.— 344 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВИТАЛИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ КОСТРИЦКИЙ, канд. техн. наук
ВЛАДИМИР ГРИГОРЬЕВИЧ КОСТРИЦКИЙ
АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ КУЗЬМИН

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИБОРЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Редактор *А. Л. Берзина*
Оформление художника *Л. А. Дикарева*
Художественный редактор *И. В. Рублева*
Технический редактор *С. М. Ткаченко*
Корректор *Л. А. Сергеева*

Информ. бланк № 2579

Сдано в набор 02.08.85. Подписано в печать 28.11.85. БФ 06448. Формат $60 \times 90^1/_{16}$. Бумага типогр. № 2. Гарн. лит. Печ. выс. Усл. печ. л. 8,5. Усл. кр.-отт. 8,75. Уч.-изд. л. 11,46. Тираж 23 000 экз. Зак. 5-324 Цена 75 к

Издательство «Тэхника», 252601, Киев, 1, Крещатик, 5

Отпечатано с матриц Головного предприятия республиканского производственного объединения «Полиграфкнига». 252057, Киев, Довженко, 3, на Харьковской книжной фабрике «Коммунист», 310012, Харьков-12, Энгельса, 11.

75 к.